



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

<p>(51) 国際特許分類6 C23F 4/00, H01L 21/3065, H05H 1/46</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO98/39500</p> <p>(43) 国際公開日 1998年9月11日(11.09.98)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP98/00921</p> <p>(22) 国際出願日 1998年3月5日(05.03.98)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平9/70432 1997年3月7日(07.03.97) JP</p> <p>(71) 出願人; および (72) 発明者 大見忠弘(OHMI, Tadahiro)[JP/JP] 〒980-0813 宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2丁目1番17号301 Miyagi, (JP)</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED)[JP/JP] 〒107-0052 東京都港区赤坂5丁目3番6号 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ) 平山昌樹(HIRAYAMA, Masaki)[JP/JP] 高野晴之(TAKANO, Haruyuki)[JP/JP] 〒980-0845 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学工学部 電子工学科内 Miyagi, (JP)</p>	<p>平山祐介(HIRAYAMA, Yusuke)[JP/JP] 〒403-0003 山梨県韭崎町藤井町北下条2381番地の1 東京エレクトロン山梨株式会社内 Yamanashi, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 福森久夫(FUKUMORI, Hisao) 〒102 東京都千代田区九段南4丁目5番11号 富士ビル2F Tokyo, (JP)</p> <p>(81) 指定国 CN, IL, JP, KR, SG, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>	
<p>(54) Title: PLASMA ETCHING DEVICE</p> <p>(54) 発明の名称 プラズマエッチング装置</p> <p>(57) Abstract</p> <p>A plasma etching device which has an auxiliary electrode enabling realization of a uniform density of generated plasma on the surface of a base and which enables uniform etching with respect to the base without depending upon pressure and without rotating a magnetic field applying means. The plasma etching device has magnetic field applying means which has two parallel plate electrodes I and II and RF power applying means, with the base set on the electrode I, and which is horizontal and unidirectional with respect to the surface of the base where plasma etching is carried out. In this plasma etching device, an auxiliary electrode is provided at least on the upstream side of the base in a flow of electron current generated by the magnetic field applying means. The auxiliary electrode includes a local electrode arranged on the side facing the electrode II and means for adjusting impedance provided at a part of the local electrode to be electrically connected with the electrode I.</p>		

(57) 要約

本発明は、基体表面に対する生成プラズマの密度の均一化を図ることが可能な補助電極を備え、圧力に依存せず、磁場の印加手段を回転させることなく、基体に対して均一なエッチングが可能なプラズマエッチング装置を提供する。

本発明のプラズマエッチング装置は、平行平板型の2つの電極I及び電極IIと、高周波電力の印加手段とを備え、前記電極Iの上には基体を載置しており、前記基体のプラズマエッチングが行われる面に対して水平でかつ一方向性を有する磁場の印加手段を設けたプラズマエッチング装置において、前記基体に対して、前記磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの少なくとも上流側に補助電極を設け、該補助電極は、前記電極IIと対向する側に配置される局所電極と、該局所電極の前記電極Iと電気的接合する部分に設けたインピーダンスを調整する手段と、から構成されることを特徴とする。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード (参考情報)

AL	アルバニア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SN	セネガル
AM	アルメニア	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
AT	オーストリア	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	TD	チャード
AU	オーストラリア	GB	英国	MC	モナコ	TG	トーゴ
AZ	アゼルバイジャン	GE	グルジア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GH	ガーナ	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BB	バルバドス	GN	ギニア	MK	マケドニア旧ユーゴス ラヴィア共和国	TR	トルコ
BE	ベルギー	GW	ギニア・ビサオ	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
BG	ブルキナ・ファソ	GR	ギリシャ	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
BH	ブルガリア	HU	ハンガリー	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
BJ	ベナン	ID	インドネシア	MW	マラウイ	US	米国
BR	ブラジル	IE	アイルランド	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
BY	ベラルーシ	IL	イスラエル	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CA	カナダ	IS	アイスランド	NL	オランダ	YU	ユーゴスラヴィア
CF	中央アフリカ コンゴ共和国	IT	イタリア	NO	ノルウェー	ZW	ジンバブエ
CG	コンゴ共和国	JP	日本	NZ	ニュージーランド		
CH	スイス	KE	ケニア	PL	ポーランド		
CI	コートジボアール	KG	キルギス	PT	ポルトガル		
CM	カメルーン	KR	韓国	RO	ルーマニア		
CN	中国	KZ	韓国	RU	ロシア		
CU	キューバ	LC	セント・ルシア	SD	スーダン		
CY	キプロス	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン		
CZ	チェコ	LK	スリランカ	SG	シンガポール		
DE	ドイツ	LR	リベリア	SI	スロヴェニア		
DK	デンマーク	LS	レソト	SK	スロヴァキア		
EE	エストニア			SL	シエラ・レオネ		
ES	スペイン						

明細書

プラズマエッチング装置

5 技術分野

本発明は、プラズマエッチング装置に係る。より詳細には、基体表面に対する生成プラズマの密度、又は／及び、基体表面に対するセルフバイアス電位、を自由に制御可能なプラズマエッチング装置に関する。

10 背景技術

近年、DRAMやMPUなどのチップサイズの大型化に伴い、その基体として用いられるシリコン基板も大口径化される傾向にある。酸化膜やPolyシリコンのエッチングは半導体生産において、最も重要な工程の1つであるが、以前使用されてきた通常の平行平板型のRIE装置では、 $1.0\mu\text{m}$ 以下の微細なパターンの加工に対して要求されるプラズマ性能（例えば、 50mTorr 以下のプロセス圧力、 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ 以上のイオン電流密度（ $1\times 10^{10}\text{cm}^{-3}$ 以上の電子密度））に答えられなかった。この問題を解決するため、磁場を導入したプラズマ源が開発され、このプラズマ源を搭載した装置の一例として、ダイポールリングマグネット（以下DRM）を利用したマグネトロンプラズマエッチング装置が公開されている（特開平6-37054号公報、図24、図25）。

しかしながら、上記DRMを利用したマグネトロンプラズマエッチング装置では低圧・高密度プラズマの生成は可能だが、基体上に生成するプラズマの高精度な制御がむずかしいという一面を持っている。すなわち、基体上に水平磁場を導入したことにより、基体に対するプラズマ密度の均一化及びセルフバイアス電圧の均一化を図ることが困難であった。現状では、磁場に勾配を持たせる工夫（特開昭62-21062号公報）や、プロセス空間中に導入した磁場を回転させること（特開昭61-208223号公報）によりこれらの均一化を図る解決法が提案されていた。しかしながら、特開昭62-21062号公報の解決法には、プロセス圧力などを変えた場合に磁場勾配の最適値が変化してしまうという問題

があった。一方、特開昭61-208223号公報の解決法には、プロセス中にある基体に対して、見かけ上プラズマ密度の均一化が図られてはいるが、磁場を回転させる機構などが必須であり、装置の小型化が難しいという課題があった。

- 5 本発明は、基体表面に対する生成プラズマの密度の均一化又は／及びセルフバイアス電位の均一化を図ることにより、圧力に依存せず、磁場の印加手段を回転させることなく、基体に対して均一で、かつ（電位の偏りが原因で発生する）チャージアップダメージの無いエッチングが可能なプラズマエッチング装置を提供することを目的とする。

10 発明の開示

本発明の第1のプラズマエッチング装置は、

平行平板型の2つの電極I及び電極IIと、該電極I又は／及び電極IIに接続された高周波電力の印加手段とを備え、

- 15 前記電極Iの前記電極IIと対向する面の上にはプラズマを用いてエッチング処理が行われる基体を載置しており、

前記基体のプラズマエッチングが行われる面に対して水平でかつ一方向性を有する磁場の印加手段を設けたプラズマエッチング装置において、

前記基体に対して、前記磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの少なくとも上流側に補助電極を設け、

- 20 該補助電極は、前記電極IIと対向する側に配置される局所電極と、該局所電極の前記電極Iと電気的接合する部分に設けたインピーダンスを調整する手段と、

から構成されることを特徴とする。

本発明の第2のプラズマエッチング装置は、

- 25 平行平板型の2つの電極I及び電極IIと、該電極I及び電極IIに接続された高周波電力の印加手段とを備え、

前記電極Iの前記電極IIと対向する面の上にはプラズマを用いてエッチング処理が行われる基体を載置しており、

前記基体のプラズマエッチングが行われる面に対して水平でかつ一方向性を有

する磁場の印加手段を設けたプラズマエッチング装置において、

前記電極 I I は、電氣的に接地された中心部と、前記電極 I に接続された高周波電源とは独立して制御できる高周波電源に接続された外周部と、から構成されていることを特徴とする。

5 本発明の第 3 のプラズマエッチング装置は、

平行平板型の 2 つの電極 I 及び電極 I I と、該電極 I 及び電極 I I に接続された高周波電力の印加手段とを備え、

前記電極 I の前記電極 I I と対向する面の上にはプラズマを用いてエッチング処理が行われる基体を載置しており、

10 前記基体のプラズマエッチングが行われる面に対して水平でかつ一方向性を有する磁場の印加手段を設けたプラズマエッチング装置において、

前記基体に対して、前記磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの少なくとも上流側に補助電極を設け、

該補助電極は、前記電極 I I と対向する側に配置される局所電極と、該局所電極の前記電極 I と電氣的接合する部分に設けたインピーダンスを調整する手段と、

から構成されており、

前記電極 I I は、電氣的に接地された中心部と、前記電極 I に接続された高周波電源とは独立して制御できる高周波電源に接続された外周部と、

20 から構成されていることを特徴とする。

本発明の第 4 のプラズマエッチング装置は、

平行平板型の 2 つの電極 I 及び電極 I I と、該電極 I 又は / 及び電極 I I に接続された高周波電力の印加手段とを備え、

25 前記電極 I の前記電極 I I と対向する面の上にはプラズマを用いてエッチング処理が行われる基体を載置しており、

前記基体のプラズマエッチングが行われる面に対して水平でかつ一方向性を有する磁場の印加手段を設けたプラズマエッチング装置において、

前記基体の周辺部にリング体の補助電極を設け、

該補助電極は、前記電極 I I と対向する側に配置される局所電極と、該局所電

極の前記電極 I と電氣的接合する部分に設けたインピーダンスを調整する手段と、

から構成されており、

かつ、前記リング体のインピーダンスは、前記磁場の印加手段によって生じた

- 5 電子流の流れの上流側に相当する部分が他の部分より低いことを特徴とする。

本発明の第 5 のプラズマエッチング装置は、

平行平板型の 2 つの電極 I 及び電極 I I と、該電極 I 及び電極 I I に接続された高周波電力の印加手段とを備え、

前記電極 I の前記電極 I I と対向する面の上にはプラズマを用いてエッチング

- 10 処理が行われる基体を載置しており、

前記基体のプラズマエッチングが行われる面に対して水平でかつ一方向性を有する磁場の印加手段を設けたプラズマエッチング装置において、

前記電極 I I は、電氣的に接地された中心部と、前記電極 I に接続された高周波電源とは独立して制御できる高周波電源に接続されたリング体の外周部と、

- 15 から構成されており、

かつ、前記リング体のインピーダンスは、前記磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの上流側に相当する部分が他の部分より低いことを特徴とする。

但し、上述した本発明の第 1、第 3 及び第 4 のプラズマエッチング装置におけるインピーダンスとは、補助電極と電極 I との接合インピーダンスを指す。

20

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明に係る補助電極を備えたプラズマエッチング装置の一例を示す模式的な面図である。

図 2 は、図 1 において電極 I I の側から見た電極 I の平面図である。

- 25 図 3 は、図 2 の電極 I の上に補助電極を備えた状態を示す平面図である。

図 4 は、図 1 において電極 I の側から見た電極 I I の平面図である。

図 5 は、図 1 における磁場の印加手段を示す平面図である。

図 6 は、電極 I、補助電極及び基体の位置関係を示した模式的な断面図である。

図7は、本発明に係る電子の流れのモデル図であり、電極IIを構成する外側の電極のみに高周波を印加した場合を示す。

図8は、従来例に係る電子の流れのモデル図であり、電極IIを構成する内側の電極と外側の電極の両方に高周波を印加した場合を示す。

- 5 図9は、図4において電極IIを構成する外側の電極のみを電極Iに近づけて設けた場合を示す模式的な断面図である。

図10は、E極側の局所電極(103e)のみカソード化した場合に観測されたプラズマ密度を示すグラフである。

- 10 図11は、W極側の局所電極(103w)のみカソード化した場合に観測されたプラズマ密度を示すグラフである。

図12は、N極側の局所電極(103n)のみカソード化した場合に観測されたプラズマ密度を示すグラフである。

図13は、S極側の局所電極(103s)のみカソード化した場合に観測されたプラズマ密度を示すグラフである。

- 15 図14は、図10～図13の各条件におけるセルフバイアス電位を纏めて示したグラフである。

図15は、図10～図13に示したプラズマ密度の結果を纏めて示したグラフである。

- 20 図16は、E極側のインピーダンスを調整する手段として各種容量のコンデンサを用いた場合に観測されたセルフバイアス電位を示すグラフである。

図17は、E極側のインピーダンスを調整する手段として各種容量のコンデンサを用いた場合に観測されたプラズマ密度を示すグラフである。

図18は、電極IIの全面(106と107)に高周波を印加した場合に観測されたVdcの結果を示すグラフである。

- 25 図19は電極IIの中心部分(106)のみに高周波を印加した場合に観測されたVdcの結果を示すグラフである。

図20は、電極IIのE極側の外周電極(107e)のみに高周波を印加した場合に観測されたVdcの結果を示すグラフである。

図21は、電極IIの全ての外周電極(107)に高周波を印加した場合に観

測された V_{dc} の結果を示すグラフである。

図 2 2 は、電極 I I の W 極側の外周電極 (1 0 7 w) のみに高周波を印加しなかった場合に観測された V_{dc} の結果を示すグラフである。

図 2 3 は、電極 I I の E 極側の外周電極 (1 0 7 e) のみに高周波を印加した場合に観測された V_{dc} の結果を示すグラフである。

図 2 4 は、従来のダイポールリングマグネット (DRM) を利用したマグネトロンプラズマエッチング装置を示す概略図である。

図 2 5 は、図 2 4 の装置においてダイポールリングマグネット (DRM) によって形成された磁界分布を示す模式図である。

10 図 2 6 は、図 1 に示した補助電極 1 0 2 の各種構成を示した模式的断面図である。

図 2 7 は、図 1 に示した補助電極 1 0 2 を構成する局所電極 1 0 3 と基体 1 0 8 との相対的な位置関係を示す、電極 I I の側から見た電極 I 及び補助電極の模式的平面図である。

15 図 2 8 は、磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの少なくとも上流側に設けた補助電極を構成する局所電極が、基体の全ての位置から見て、電子流の流れの上流側をカバーする大きさを有する場合を示す、局所電極と基体との配置を説明する模式的平面図である。

図 2 9 は、局所電極 1 0 3 と基体 1 0 8 との相対的な 4 通りの配置を示す模式的平面図である。

図 3 0 は、電極 I I の側から見た電極 I の模式的平面図であり、プローブの配置を説明する図面である。

図 3 1 は、実施例 4 に係る、プラズマ密度 J_i の測定結果を示すグラフである。

25 図 3 2 は、実施例 5 に係る、補助電極のない平行平板型プラズマエッチング装置の模式的断面図である。

図 3 3 は、実施例 5 に係る、電極 I I (1 0 5) と電極 I (1 0 1) との相対的な 6 通りの配置を示す模式的断面図である。

図 3 4 は、電極 I I の側から見た電極 I の模式的平面図であり、プローブの配

置を説明する図面である。

図35は、実施例5に係る、セルフバイアス電位： V_{dc} の測定結果を示すグラフである。

図36は、電極Iの側から見た電極IIの模式的平面図であり、電極IIを構成する外周部107の各種構成を説明する図面である。

(符号の説明)

- 100 チャンバ、 101 電極I、
- 101a 電極Iの基体を載置している部分（サセプタ）、
- 102 補助電極、102n N極側の局所電極、
- 10 102s S極側の局所電極、
- 102e 電子流の流れの少なくとも上流側に設けた局所電極、すなわちE極側の局所電極、
- 102w W極側の局所電極、 103 局所電極、
- 104 接合インピーダンスを調整する手段、 105 電極II、
- 15 106 電極IIを構成する中心部（内側の電極）、
- 107 電極IIを構成する外周部（外側の電極）、
- 107'、107'' 部材、 108 基体、 109 磁場の印加手段、
- 110 高周波電源、 111 補助電極接合用ネジ穴、
- 112 補助電極接合用ネジ、113 プローブ、114 シャワーヘッド、
- 20 116 局所電極及び該電極Iとは異なる誘電率の材料からなる単層膜あるいは積層膜、
- 117a 局所電極103の内部に設けた空洞、
- 117b 局所電極103と電極I101との界面付近に設けた空洞、
- 118 局所電極103と電極I101との間に設けた絶縁性の材料からなる
- 25 薄膜、
- 119 局所電極103と電極I101との間に設けたコンデンサ、
- 509 DRM（ダイポールリングマグネット）、 515 磁場、
- 2401 真空容器、 2402 第1の電極、 2403 ウェハ、
- 2404 ガス導入口、 2405 高周波電源、 2406 排出口、

- 2407 第2の電極、 2411 絶縁物、 2412 ゲートバルブ、
2413 ダイポールリング、 2414 マッチング回路、
2416 保護リング、 2417 冷却管、 2423 補助磁石、
2450 石英窓、 2451 光検出器、 2452 モニタ装置、
5 2532 ウェハ中央、 2533 ウェハ周辺。

発明を実施するための最良の形態

図1は、本発明に係る補助電極を備えたプラズマエッチング装置の一例を示す模式的な断面図である。

- 10 図1において、100はチャンバ、101は電極I、101aは電極Iの基体を載置している部分（サセプタ）、102は補助電極、103は局所電極、104は接合インピーダンスを調整する手段、105は電極II、106は電気的に接地された中心部、107は不図示の高周波電源に接続された外周部、108は基体、109は磁場の印加手段、110は高周波電源、112は補助電
15 極接合用ネジ、114は電極IIに内蔵されたシャワーヘッドからなるプロセスガスを導入する機構である。

- 図2は、図1において電極IIの側からみた電極Iの平面図である。図3は、図2の電極Iの外周付近の上に補助電極を備えた状態を示す平面図である。図4は、図1において電極Iの側からみた電極IIの平面図である。図5は、図1に
20 おける磁場の印加手段を示す平面図である。

- 本発明に係る補助電極102は、図1に示すような平行平板型の2つの電極I101及び電極II105を備え、前記電極I101の前記電極II105と対向する面の上にはプラズマを用いてエッチング等の処理が行われる基体108を載置しており、前記基体108のプラズマエッチングが行われる面に対して水
25 平でかつ一方向性を有する磁場の印加手段109を設けたプラズマエッチング装置に付設して用いる。

図5は、電極IIの側からみた基体108及び磁場の印加手段109として機能するDRM（ダイポールリングマグネット）509の平面図である。図1のプラズマエッチング装置では、磁場の印加手段109として、図5に示すような、

前記基体 108 のプラズマエッチングが行われる面に対して水平でかつ一方向性を有する磁場 515 の印加手段としてここでは DRM (ダイポールリングマグネット) 509 を用いた。

- 図 1 に示した補助電極 102 は、図 2 及び図 3 に示すように、基体に対して、
- 5 前記磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの少なくとも上流側に設けられる。当該補助電極 102 は、電極 11105 と対向する側に配置される局所電極 103 と、該局所電極の前記電極 I と電氣的接合する部分に設けたインピーダンスを調整する手段 103 と、から構成される。ただし、図 2 及び図 3 は、インピーダンスを調整する手段 (不図示) を、局所電極 103 の下に重なるように、
- 10 局所電極 103 と電極 1101 との間に設けた一例を示している。

- 図 27 は、図 1 に示した補助電極 102 を構成する局所電極 103 と基体 108 との相対的な位置関係を示す、電極 11 の側から見た模式的平面図である。図 27 では、インピーダンスを調整する手段 (不図示) は局所電極 103 の下に重なるように、局所電極 103 と電極 1101 との間に設けた一例を示して
- 15 いるが、その設け方は図 26 に示すように他の形態であっても構わない。

以下では、図 27 を用いて、本発明に係る局所電極 103 と基体 108 との相対的な位置関係について詳細に述べる。

- 図 27 (a) は、補助電極を構成する局所電極が、前記磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの上流側 (E 極側) にのみ設けた導電性材料からなる第 1
- 20 の局所電極 103a である場合を示す。

図 27 (b) は、補助電極を構成する局所電極が、磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの少なくとも上流側 (E 極側) に設けた導電性材料からなる第 2 の局所電極 103b と、該上流側以外に設けた絶縁性材料からなる第 3 の局所電極 103c と、の組合せからなる場合を示す。

- 25 図 27 (c) は、補助電極を構成する局所電極が、前記磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの少なくとも上流側では幅が広く、該上流側以外では幅が狭い導電性材料からなる第 4 の局所電極 103d と、前記基体側から見て、該第 4 の局所電極の幅が狭い領域の外側に設けた絶縁性材料からなる第 5 の局所電極 103e と、の組合せからなる場合を示す。

図27(d)は、前記基体の周辺部にリング体の補助電極を設け、該補助電極は、前記電極11と対向する側に配置される局所電極と、該局所電極の前記電極11と電氣的接合する部分に設けたインピーダンスを調整する手段と、から構成されており、かつ、リング体のインピーダンスは、前記磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの上流側に相当する部分(局所電極103fの部分)が他の部分(局所電極103gの部分)より低い場合を示す。

また図28(a)～(d)に示すように、上述したところの補助電極を構成する局所電極が、前記基体の全ての位置から見て、該電子流の流れの上流側(図28のE極側)をカバーする大きさを有することがより好ましい。図28(a)はほぼ基体の半周分を局所電極が取り囲む場合、図28(b)は電子流の上流側から見て、基体の幅と同程度まで、基体を局所電極が取り囲む場合、図28(c)は基体の半周分を越えて局所電極が取り囲む場合、図28(d)は基体の全周を局所電極が取り囲む場合である。このような大きさの局所電極を設けることによって、基体の全面を流れる電子流を一方向に揃った平行な流れとすることができるので、基体に対するプラズマ密度の面分布が均一となり、基体に対して均一なエッチング処理が可能となる。

図1のチャンバ100は、減圧容器として機能する。チャンバ100の壁面材料としては、Al合金などを用いるが、酸化膜などのエッチングの際に、チャンバ壁面などから放出される水分がレジストのエッチングレートを上げる要因となることを考慮して、窒化処理をした材料(AlNなど)を使用することが望ましい。これはチャンバ壁面のみにあらず、電極や他のチャンバ内材料なども、材料的には可能な限り水分など放出しない構成にすることが必要である。導電性の材料としてはグラッシーカーボンやSiCなど、絶縁性のものではAlNやSiNなどが挙げられる。材料の選定は熱伝導率や表面での電界強度比などを考慮して決定する。

電極1101には、高周波電源110からプラズマ生成のための電力を供給する。電極1101は中心に基体(例えばSiウェハ)108を保持するところのサセプタ101aを有し、サセプタ径はウェハーサイズとした。また電極1101の外側部分には、基体108と離間した位置に補助電極102を載置し

た。補助電極 102 は、前記基体 108 に対して、前記磁場の印加手段 109 によって生じた電子流の流れの少なくとも上流側に設けた局所電極 103 と、前記局所電極 103 の電極 1101 と電気的接合する部分に設けたインピーダンスを調整する手段 104 と、から構成されている。

- 5 以下では、本発明に係るエッチング装置を構成する各部材に関して詳細に説明する。

(1) 補助電極 102

- 本発明に係る補助電極 102 は、電極 1101 との接合インピーダンスの大きさ、局所電極 103 の大きさ、局所電極 103 を設ける位置、及び、局所電極
10 103 の基体 108 に対する高さの差、が非常に重要である。以下では、これらの点に関して、従来技術と本発明との相違点を説明する。

(1-1) 電極 1101 との接合インピーダンスの大きさ

- 従来のエッチング装置でも、本発明の電極 1101 に相当する電極の外周部に、すなわち本発明の補助電極 102 を設けた位置に電極 1101 とは別体をな
15 すリング体や電極を設ける場合があった。しかし、従来のエッチング装置における電極 1101 とは別体をなす電極は、①その全てが導体材料から構成され、本発明の電極 1101 に相当する電極と電気的な導通を有しており、カソード面積を広げてプラズマの均一性を保つか、あるいは、②その全てが高周波を通さない材料（例えば石英など）から構成され、基体を載せるサセプタ周りを絶縁し、サ
20 セプタへの投入電力に対する実効パワーを高める、という使用法しか存在しなかった。

- 一方、本発明に係る補助電極 102 は、電極 1101 と同様の導電性材料からなる局所電極 103 と、局所電極 103 の電極 1101 と電気的接合する部分に設けたインピーダンスを調整する手段 104 とから構成されており、局所電極
25 103 の電極 1101 に対する接合インピーダンスを変化させることによって局所電極 103 の表面（すなわち補助電極 102 がプラズマに曝される面）への高周波の通過率を制御できる点で従来と大きく異なっている。例えば、本発明の補助電極 102 は、図 26 (e) に示すように、局所電極 103 と電極 1101 との間にコンデンサとして薄膜 118 とコンデンサ 119 を設け、この薄膜 118

とコンデンサ 119 がインピーダンスを調整する手段 104 となる構成によって実現できる。

導電性材料からなる局所電極 103 としては、例えば表面処理の無い Al、Si、SiC、Cu 若しくはステンレスチール（以下 SUS と呼称する）、及びこれらの表面にアルマイト処理、フッ化不動体処理あるいは MgO コーティング等をしたものが好適に用いられる。また、絶縁性材料からなる局所電極 103 としては、例えば SiO₂ やテフロン等が挙げられる。

インピーダンスを調整する手段 104 としては、例えば、図 26 に示すものが挙げられる。図 26 は、図 1 に示した補助電極 102 の各種構成を示した模式的断面図である。

図 26 (a) は、局所電極 103 が、電極 I 101 と接触する狭い面積の領域を有し、この領域がインピーダンスを調整する手段 104 となっている場合を示す。図 26 (a) では、当該領域の面積を調整することによって、所定の接合インピーダンスが得られる。

図 26 (f) は、局所電極 103 が、電極 I 101 と接触する凹凸形状の領域を有し、この領域がインピーダンスを調整する手段 104 となっている場合を示す。図 26 (g) は、電極 I 101 が、局所電極 103 と接触する凹凸形状の領域を有し、この領域がインピーダンスを調整する手段 104 となっている場合を示す。図 26 (h) は、局所電極 103 が、2つの面において電極 I 101 と接触する凹凸形状の領域を有し、これらの領域がインピーダンスを調整する手段 104 となっている場合を示す。図 26 (i) は、図 26 (f) の構成において、基体 108 が局所電極 103 の方向に突き出すように電極 I の基体を載置している部分（サセプタ）101a に配置されている場合を示す。図 26 (f) ~ (h) では、当該凹凸の形状や当該凹凸を設ける面積を調整することによって、所定の接合インピーダンスが得られる。特に、図 26 (i) では、局所電極 103 に対向する、電極 I の基体を載置している部分（サセプタ）101a の側面がプラズマによりエッチングされにくいという特徴も併せ持つことができる。

図 26 (b) は、局所電極 103 と電極 I 101 との間に、該局所電極及び該電極 I とは異なる誘電率の材料からなる単層膜あるいは積層膜 116 を有し、こ

の膜116がインピーダンスを調整する手段104となっている場合を示す。図26(b)では、当該単層膜の誘電率や膜厚、あるいは積層膜を構成する各膜の誘電率、膜厚又は積層順序、等を調整することによって、所定の接合インピーダンスが得られる。

- 5 図26(c)は、局所電極103の内部に空洞117aを設け、この空洞117aがインピーダンスを調整する手段104となっている場合を示す。図26(d)は、局所電極103と電極I101との界面付近に空洞117bを設け、この空洞117bがインピーダンスを調整する手段104となっている場合を示す。図26(c)～(d)では、当該空洞117の大きさを調整することによって、所定の接合インピーダンスが得られる。また、当該空洞117の内部は、真空、不活性気体、又は、前記局所電極及び前記電極Iとは異なる誘電率の材料、のいずれでも良く、局所電極103と電極I101との間のインピーダンスを所定の値に調整する機能を果たす。
- 10

- 図26(e)は、局所電極103と電極I101との間にコンデンサとして薄膜118とコンデンサ119を設け、この薄膜118とコンデンサ119がインピーダンスを調整する手段104となっている場合を示す。図26(e)では、コンデンサ119のキャパシタンスを調整することによって、所定の接合インピーダンスが得られる。また図26(e)において、補助電極102全体を絶縁材料(テフロン、 SiO_2 等)で構成し、そこにコンデンサからなる接合端子を挿入したもの(不図示)もその他の一例として挙げられる。この接合インピーダンスを調整する手段104を用いることにより、電極I101と補助電極102との間に所定のキャパシタンスを設けることができる。またこの手法によれば、その接合インピーダンスを適宜変更することも可能となる。
- 15
- 20

- 上記局所電極103を構成する材料としては、例えばAl、Cu、Si、SiC、グラッシーカーボン、のいずれかが好適に用いられる。
- 25

(1-2) 局所電極103の大きさ

局所電極103の幅(局所電極103とインピーダンスを調整する手段104とが同じ幅を有する場合は、補助電極102の幅を指す)は、従来の装置ではその機能を果たすためにはおよそ30～40mm必要であるのに対して、本発明の

装置では20mm程度まで小さくすることができる。したがって、本発明では局所電極103の直径を、40mm程度小さくすることが可能となっている。

また図1では、ウェハからなる基体108のサイズは200mmとなっているが、本発明に係る局所電極の必要サイズは基体108のサイズが300mmとなっても、プロセス条件が不変であれば大きくは変わらない。よってその分チャンバ内径を小さくすることが可能となり、将来基体の大口径化が進んでもチャンバサイズを極端に大きくすることなく対応できる。図23に局所電極103の幅とプラズマ密度の基体面内分布の関係を示す。図23から、例えば20mTorrの圧力では、局所電極103は20mmの幅があれば、E極側でのプラズマ密度の落ち込みを小さくできることが分かった。

(1-3) 局所電極103を設ける位置

図1のプラズマエッチング装置では、磁場の印加手段109として、図5に示すような、前記基体508のプラズマエッチングが行われる面に対して水平でかつ一方向性を有する磁場515を印加できるDRM（ダイポールリングマグネット）を用いる。このようなDRMでは、基体上のプラズマシース中を電子が磁力線に巻き付きながら運動するため、高密度プラズマの生成が可能である。この場合、図5におけるE極側が電子流の上流となるため、次に示す理由からE極側で補助電極102の存在が重要となる。

まず、注目するのが電子の運動方法である。電子は磁力線に巻き付きながららせん運動（サイクロイド運動）するのだが、このときの電子の旋回半径は、

$$\text{ラーマ半径 (mm)} : R = \frac{33.7 \cdot (V_{dc})^{1/2}}{B}$$

で表される。Vdcはセルフバイアス電位、Bは磁束密度である。この式から、Vdc=200V、磁束密度200Gの場合、Rは約2mm程度であることが分かる。したがって、電子は散乱されないかぎりカソードの近傍空間で旋回運動をして、それはイオンシース中に収まる。イオンシースから電子が飛び出すと、電界（セルフバイアス）がなくなりサイクロイド運動が成立しなくなってしまうからである。

図6は、電極101、補助電極102及び基体108の位置関係を示した模式的な断面図である。図6の補助電極102は、局所電極103とインピーダンスを調整する手段104とが同じ幅を有する場合を示している。この図に示されていない部分は、基本的に図1に準ずるものとする。図6(a)から分かるとおり、上述したような電子の運動を安定して実現するためには、電子流の上流となるE極側に、電極Iとの間に適当な接合インピーダンスを有する補助電極102eを設けることが大切である。補助電極102eの設置により、補助電極102e側の基体108の外周領域においてもスムーズな電子の運動（すなわち、図6に点線及び矢印で示した方向に進む運動）が可能となる。その結果、補助電極102e側の基体108の外周領域におけるエッチング速度を、基体中央部と同等にすることが可能となる。その際、可変コンデンサ等を用いてインピーダンスを微調整しても構わない。

図3において、補助電極102が4分割されているのは、後述する実験のためであり、一体としても構わない。

従来のDRMを用いたエッチング装置では、基体に対するエッチング速度の均一化を図るため、印加する磁場を回転させる場合がある。しかし、磁場を回転させない状態で基体を処理できるならば、補助電極102を電子流の上流側に配置することによって投入電力効率をさらに上げ、生成するプラズマ密度を上げることが可能となる。図3は、電極Iの側からみた補助電極102の配置を示す平面図である。外部磁場のE極側以外の局所電極は基体上のプラズマ密度の分布は局所電極の有無にかかわらないので、E極側に高周波を通し、他の部分は完全に絶縁した状態としても構わない。したがって、磁石を回転させないで基体を処理する際は、局所電極がE極側のみ独立した形状のものの使用が可能となる。また、局所電極103の分割形状は本例の限りではないことは言うまでもない。要するに、電子流の上流側での密度低下を補正できる形状であることが肝要である。尚、磁場を回転させない基体処理は、本発明によるところのプラズマの均一化があって初めて可能となる。

よって、本願発明の補助電極102は上述した構成を有するため、生成するプラズマ密度を低下させることなく、プラズマ密度の均一化を図ることが可能なプ

ラズマエッチング装置が得られる。

(1-4) プラズマに曝される補助電極102を構成する局所電極103の表面と、基体108の表面との高さの差

以下では、局所電極103の表面の高さと基体108の表面の高さに差がある
5 場合について考察する。局所電極の表面の方が基体の表面より高い場合（図6
（a））には、イオンシースの幅を超えていないかぎり局所電極の表面で生じた
電子の運動は基体の表面まで届くが、逆に局所電極の表面が基体の表面より低い
場合（図6（b））には0.5mm程度低くなってしまっただけで電子の運動が局
所電極と基体の境界で遮断されてしまう。つまり電子の運動がサセプタ端面でス
10 タートし直し、局所電極の意味がなくなってしまうのである。これは、電子がサ
セプタに衝突して、運動が一旦ストップすることに起因する。

従って、プラズマに曝される前記局所電極の表面は、前記基体の表面と同じ高
さか、あるいは該基体の表面よりイオンシースの幅以内で高く（若干高い（0.
1～1mm程度））設定するのが好ましい。特に、後者の条件で設定をした局所
15 電極は、スパッタされていっても基体より低くなることはないので、長時間その
性能を維持することが可能となる利点も有する。

また、局所電極と電極Iの基体を載置している部分（サセプタ）101aとの
間隔は、電氣的に短絡する距離よりは長く、かつ、該局所電極で生じた電子の運
動が該基体まで届かなくなる距離よりは短くすることにより、該局所電極上で発
20 生した電子が局所電極から基体へスムーズに流すことができるので好ましい。

本発明のうち、前述の補助電極102による効果として均一水平磁場中での基
体上のプラズマ密度の均一化を挙げたが、基体近傍のプラズマが均一でも基板上
にかかるセルフバイアス電圧は不均一という実験結果が出ている。これはDRM
の水平磁場によって電子がE極よりW極方向へ移動する現象から生じる問題と考
25 えられているが、後述するように、この問題は電極IIの中心部106をグラン
ド電位にした状態で電極IIの外周部107に高周波を印加することによって解
決可能となる。

(2) 電極II105

図4は、図1において電極Iの側からみた電極IIの平面図である。本発明に

係る電極 I I 1 0 5 は、電氣的に接地された中心部 1 0 6 と不図示の高周波電源に接続された外周部 1 0 7 とから構成されており、電極 I I 1 0 1 に対向する位置に配設してある。本発明に係る電極 I I の特徴は、従来は一体形状で構成されていた電極を、同心円状に分割し、外周の電極に対して電極 I に印加する高周波電力とは独立した高周波電力を投入できる構成とした点である。

特に、同心円状に分割した電極 I I を用いる場合は、電極 I I を構成する中心部と外周部との間隔を、電氣的に短絡する距離よりは長くすることにより、安定したプラズマを生成・保持することができるので好ましい。

また、前記電極 I と前記電極 I I の外周部との間隔、あるいは前記局所電極及び前記電極 I と前記電極 I I との間隔は、該電極 I と該電極 I I で挟まれた空間内で発生する局所的なプラズマ密度の最小値を最大値で割った比率が 0. 1 以上となる距離とすることによって、安定したプラズマが得られるので望ましい。

さらに、電極 I の上に載置された基体の外周端を、前記電極 I I を構成する外周部の外周端から内周端の範囲内に配置することによって、基体に対するセルフバイアス電位の高い均一性が確保できるので好適である。

図 4 及び図 7 (a) において、電極 I I 1 0 5 を構成する外周部 1 0 7 が 4 分割されているのは、後述する実験のためであり、一体としても構わない。すなわち、図 3 6 (a) に示すように、電極 I I 1 0 5 を構成する外周部 1 0 7 が、同一のインピーダンスからなる一体物 1 0 7 a としても良い。

また、図 3 6 (b) に示すように、電極 I I 1 0 5 を構成する外周部 1 0 7 がリング体であり、該リング体のインピーダンスは、磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの上流側 (E 極側) に相当する部分 1 0 7 b が他の部分 1 0 7 c より低くなるように、異なるインピーダンスの領域を設けても構わない。

上述した通り、本発明に係る補助電極 1 0 2 (すなわち局所電極 1 0 3) は、均一水平磁場中での基体上のプラズマ密度の均一化を図れるために有効であるが、基体近傍のプラズマが均一でも基体上にかかるセルフバイアス電圧は不均一であるという課題があった。

しかしながら、本発明に係る電極 I I 1 0 5 では、図 4 に示す内側の電極

106はグランド電位とし、外側の電極107に高周波を印加しており、また印加する高周波は電極Iよりも高い周波数とすることにより、基体近傍のプラズマ密度が均一でも基体上にかかるセルフバイアス電位(Vdc)が不均一という問題を解決することができる。

- 5 何故、内側の電極106と外側の電極107の両方に高周波を印加するのではなく、外側の電極107のみに印加するのかを説明する。図7及び図8は、それぞれの印加方式でプラズマを生成した時の電子の流れのモデル図である。図7が外側の電極107のみに高周波を印加した本発明の場合、図8が内側の電極106と外側の電極107の両方に高周波を印加した従来の場合を示す。

- 10 図8の従来方式では、電子流の方向は電極II105全体に電極I101とは逆方向の運動が起る。しかし、図7の本発明方式(外周部分のみ高周波を印加)では電極IIの外周部分107で電極I101と逆の流れがおこるが、E側端までいくと電子は電極I側の流れに乗り、再びW側に移動すると考えられる。このように電極II表面における電子の流れと、電極I表面における電子の流れと
- 15 が、一つの閉じた系となっていることが重要であり、本発明の特徴の一つである。

- 図7の本発明方式を用いることによって、120 Gaussの略略均一水平磁場を用いたプラズマで、従来技術では通常20～30Vの範囲であったセルフバイアス電位Vdcのバラツキ(max-min)を、本発明では数Vレベルにまで小さく
- 20 することが可能となる。これにより、エッチング時に問題となるウェハのチャージアップダメージをほぼ完全になくすることが可能となる。これは従来技術では磁場に勾配を持たせることで解消していたものを、均一な水平磁場で解決できるところに本発明の意義がある。

- つまり、従来の装置では勾配磁場の勾配状況の決定は、一つのプロセスに対し
- 25 最適な磁場分布を計算し、磁場の構成を行っている。これはプロセス条件(圧力、原料ガス種、RF電力など)によって最適値が変わってしまうために、非常にコストが大きく、汎用性に欠けるという欠点があった。これに対して、本発明に係るプラズマエッチング装置では、水平な均一磁場で上述したようなプロセス条件に影響されることなく安定したエッチングプロセスを構築することができ

る。

ここで、内側の電極106の直径および外側の電極107の外径は処理する基体サイズが200mmの時それぞれ160mm、260mmとなっているが、当然内側の電極106の直径などのサイズを多少変更したところで本発明の効果が

5 なくなることはない。

また、本発明では電極1101に投入する高周波を13.56MHz、電極11の外周部107に投入する高周波を100MHzとしたが、電極11の外周部107に投入する高周波は、電極1101より高い周波数であれば如何なる周波数でも構わない。

10 さらに、本発明では、電極11の外周部107に印加する高周波電力を、電極1の周波数（主として13.56あるいは27.12MHzが用いられる、当然この2種に限定されるものではない）に対して高い周波数で設定したため、電極1の電力に対して比較的低電力で効果を得ることができる。すなわち電極1に13.56MHz、400W印加したとき、Vdc補正効果が出る電極11の外周部107への100MHzの印加電力は、75～100Wという結果が出ている。この電力は、プラズマの条件により多少変化するが、電極11の外周部107への印加必要電力は電極1電力のおよそ0.25倍程度といえる。

(3) プロセスガスの導入する機構

チャンバ100の中へプロセスガスを導入する機構としては、図4に示すところのシャワーヘッド414を用いた。シャワーヘッド414は、電極1105の電氣的に接地された中心部106に複数個配置されたプロセスガスの導入管であり、プロセスガスをプラズマ装置100の外部から、電極1の上に載置された基体108に対して面内均一となるように噴射させることにより、基体付近でのガスフローおよび反応生成物と原料ガスの比を均一に保つことができる。このシャワーヘッドは、酸化膜のエッチングにおいて重要な働きをするものである。

25 シャワーヘッドは、酸化膜のエッチングにおいて重要な働きをするものである。

(4) 2つの電極I及びIIから電力を供給する方式（2周波励起方式）への対応

2周波励起方式では、電極Iと電極IIの間隔が重要である。本発明ではこの間隔を10～20mmに設定しており、この条件下では本発明の電極II（電極

I 1 の外周部) に対する電力印加の効果は顕著に現れる。しかしながら、将来 300 mm 以上の基体大口径化をにらんだ際に、プロセスガスの大流量化が進み、ガス的高速排気が不可欠となり電極間隔を 30 mm 以上にする必要が出てくると思われる。その際は、図 4 における内側の電極 106 と外側の電極 107 の構造を図 9 のように変更し、外側の電極 107 のみを電極 I 101 に近づけた構造となるように部材 107'、107'' を設けることで、要求されるガスの排気スピードを満たしつつプラズマ補正を行うことが可能となることが分かっている。

上述した 2 つの電極 I 及び I 1 を有するプラズマエッチング装置とすることにより、均一水平磁場を使用し且つ磁場の回転なしで基体処理を行えるレベルの均一なプラズマを生成可能となり、装置全体の小型化、低コスト化および汎用化が可能となる。また、補助電極の小型化も、装置小型化に同様の効果がある。

実施例

以下、図面を参照して本発明に係る、補助電極及びプラズマエッチング装置を説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

(実施例 1)

本例では、図 1 に示した補助電極を備えた平行平板型のプラズマエッチング装置を用い、補助電極の設置方法を変えて、電極 I に高周波電力 (13.56 [MHz]) を印加した際に生成したプラズマ密度の分布を調べた。

補助電極 102 は、磁場の印加手段 109 によって生じた 4 極 (N 極、S 極、E 極、W 極) の方向を中心として 4 分割したものをを用いた。そして、一方向の補助電極 (例えば 102e) を単独でカソード化 (すなわち、電極 I 101 とショートさせた状態) し、残りの 3 方向の補助電極 (例えば 102w、102n、102s) をフローティング状態とすることにより、本発明の補助電極の効果を検討した。

補助電極 102 は、導電性の材質 (Al) からなる局所電極 103 と、接合インピーダンスを調整する手段 104 から構成した。接合インピーダンスを調整する手段 104 としては、局所電極 103 と電極 I 101 をショートさせる場合に

は銅スペーサを、局所電極103と電極1101を絶縁させる場合にはテフロンスペーサを用いた。局所電極103は、これらのスペーサを介してネジ112で電極1101と接合する構造とした。

チャンバ100の内部は減圧可能な構造となっており、不図示のターボ分子ポンプで到達真空度 10^{-5} Paレベルにまで減圧した。プラズマを発生させる原料ガスは、電極11の中心部に設けたシャワーヘッドから2つの電極間に導入した。本発明では、原料ガスとしてはアルゴンガスを用い、イオン電流密度： J_{ion} [mA/cm²] とセルフバイアス電位： V_{dc} [volt] を調べた。イオン電流密度はプラズマ密度として考えられるので、以後プラズマ密度と表記する。ガス圧は、ガスの流量で10～200 mTorrの範囲で調整した。

電極11105は、図4のような構成となっている。すなわち従来の装置では1枚板で構成されるのに対して、本例の装置では、中心部の電極106と外周4ヶ所の電極107に分離されている。本例では、補助電極を評価することが目的のため、従来の装置と同様に電極11を全てグラウンドとした。

図3に示すように、導電性の材質(SUS)からなる電極1101にはプラズマを観測するためのプローブ113が埋め込まれており、200 mmφの電極(8 inchφの基体に相当する直径)面内に、17ポイント設けた。この埋め込まれた各プローブ113のプラズマ中でのフローティング電位を測定することで V_{dc} を、また得られた V_{dc} より十分に負にバイアスしたとき得られる電流値からプラズマ密度： J_{ion} を得た。

図10～図13は、プラズマ密度： J_{ion} [mA/cm²] を調べた結果である。図10はE極側の局所電極(103e)のみカソード化した場合、図11はW極側の局所電極(103w)のみカソード化した場合、図12はN極側の局所電極(103n)のみカソード化した場合、図13はS極側の局所電極(103s)のみカソード化した場合、をそれぞれ示している。ここで、局所電極のカソード化とは、所定の極側の局所電極を、その他の極側の局所電極よりインピーダンスの低い状態とすることを指す。図10～図13において、横軸は基体の中心からの距離、縦軸はプラズマ密度(J_{ion})である。

また、表1には、図10～図13において用いた各記号の意味を示した。

(表 1)

5

10

15

20

25

図番	カソード化した 局所電極	記号	カソード化の有無	プラズマ密度の 測定方向
図10	E極側 (302e) のみ	▲印 △印 ●印 ○印	E極側のみカソード化 E極側のみカソード化 局所電極を全て非カソード化 局所電極を全て非カソード化	N極側－S極側 E極側－W極側 N極側－S極側 E極側－W極側
図11	W極側 (302w) のみ	▲印 △印 ●印 ○印	W極側のみカソード化 W極側のみカソード化 局所電極を全て非カソード化 局所電極を全て非カソード化	N極側－S極側 E極側－W極側 N極側－S極側 E極側－W極側
図12	N極側 (302n) のみ	▲印 △印 ●印 ○印	N極側のみカソード化 N極側のみカソード化 局所電極を全て非カソード化 局所電極を全て非カソード化	N極側－S極側 E極側－W極側 N極側－S極側 E極側－W極側
図13	S極側 (302s) のみ	▲印 △印 ●印 ○印	S極側のみカソード化 S極側のみカソード化 局所電極を全て非カソード化 局所電極を全て非カソード化	N極側－S極側 E極側－W極側 N極側－S極側 E極側－W極側

この4つのグラフから、E極側をショートさせたとき（図10）のみ、従来E極側でプラズマ密度が下がっていた状態が補正できることが分かった。

図14は、ウェハにおけるセルフバイアス電位： V_{dc} [v o l t] を調べた結果である。また図15は、図10～図13に示したプラズマ密度： J_{ion} [mA/cm²] の結果を纏めて示したグラフである。

- 図14から、全ての局所電極をショートさせた場合（従来の装置に相当する条件）には V_{dc} が小さくなり、エッチングレートが低くなることが分かった。一方、図14及び図15から、E極側の局所電極（302e）のみカソード化した場合には、ある程度大きな V_{dc} が得られるとともに、従来E極側で下がっていたプラズマ密度も補正できるという効果が得られることが明らかとなった。すなわち、基体に対して、磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの少なくとも上流側（E極側）に、局所電極とインピーダンスを調整する手段から構成される補助電極を設けることによって、上記効果が達成されることが分かった。

（実施例2）

- 本例では、E極側の接合インピーダンスを調整する手段104eとして各種容量のコンデンサを用い、プラズマ密度： J_{ion} [mA/cm²] とセルフバイアス電位： V_{dc} [v o l t] を調べた点が実施例1と異なる。コンデンサの容量を、1、7、11、21 [pF] とした場合と、ショートさせた場合（実施例1の場合）とを比較した。

- このとき、他の3つの接合インピーダンスを調整する手段（104w、104n、104s）は電氣的にフローティングさせた。
- 他の点は、実施例1と同様とした。

図16はウェハにおけるセルフバイアス電位： V_{dc} [v o l t] を、図17はプラズマ密度： J_{ion} [mA/cm²] を調べた結果である。

- この2つのグラフから、E極側の接合インピーダンスを最適値（21 [pF]）とすることによって、ショートさせた場合より高い V_{dc} をとりつつ、従来E極側で下がっていたプラズマ密度も補正できることが分かった。

（実施例3）

本例では、電極IIにおいて高周波電力（100 [MHz]）を印加する部分を変えたとき、観測される V_{dc} を調べた。

他の点は、実施例1の図10の条件（E極側のみカソード化）と同様とした。

図18は電極IIの全面(106と107)に印加した場合、図19は電極IIの中心部分(106)のみに印加した場合、図20はE極側の外周電極(107e)のみに印加した場合、図21は全ての外周電極(107)に印加した場合、の結果を示すグラフである。各図面の右上部に示した電極IIの概略図
5 において、黒い部分が高周波を印加した電極を示す。

図18及び図19では、印加電力の値に依存せず、Vdcのバラツキが大きく、高周波電力を印加した効果が見られなかった。図20では、図18及び図19に比べてVdcのバラツキが小さくなる傾向があった。図21の場合、図18～図20に比べてVdcのバラツキが著しく低減できることが分かった。すなわち、全
10 全ての外周電極(107)に高周波電力を印加することで、Vdcのバラツキを抑制できることが判明した。

また、図21から、電極IIに高周波を印加をしない場合(図21、0W)のVdcは20V以上のバラツキがあり、基体の端面にチャージアップダメージの懸念があるのに対して、電極IIの全ての外周電極(107)に高周波を印加した
15 場合(図21、75W)にはVdcのバラツキを3V程度に抑えられるので、チャージアップダメージを著しく低減できる。

図22は、W極側の外周電極(107w)のみに印加しなかった場合を示す結果である。この結果は、図20に示したE極側の外周電極(107e)のみに印加した場合と同レベルであることから、Vdcのバラツキを抑制するためには全
20 全ての外周電極(107)に印加することが必須であると考えた。

本例では、電極Iに13.56[MHz]高周波電力を、電極IIの外周部には100[MHz]の高周波電力をそれぞれ印加したが、電極IIは生成したプラズマの調整的な役割(ウェハにおけるセルフバイアス電位Vdcの調整手段としてとしての役割)をもっているため、電極IIに印加する高周波の周波数
25 (f2)としては、電極Iに印加する高周波の周波数(f1)より高い周波数を用いた。その結果、小さな投入電力で、Vdc補正効果が得られる。f2をf1より高い周波数とした場合、電極IIにかかるVdcが小さくなるため、電極IIがスパッタされにくくなる効果もある。また、同周波数(f2=f1)とした場合には電極Iと電極IIが干渉するため、プラズマが不安定となり好ましくな

い。しかしながら、 f_1 と f_2 の位相をずらす等の工夫によって、 $f_2 = f_1$ とした場合でも、プラズマを安定させることが可能である。

(実施例4)

本例では、図1の装置において、磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの少なくとも上流側に設けた補助電極(102)を構成する導電性材料からなる局所電極(103)の形状と、円盤状の基体(108)との相対的な配置を変えて、電極I(101)に載置される基体上のプラズマ密度： J_i の分布を調べ、その均一性について検討した。その際、局所電極(103)の形状は該基体に対して円弧状とした。ここで、補助電極(102)を構成する局所電極(103)の該基体(108)側の両端部の直線距離を L 、該基体(108)の直径を D と定義する。但し、本例では、基体として直径 D が200mmのウェハを用いた。

上記局所電極(103)と基体(108)との相対的な配置の変更は、局所電極の基体に対する円弧状の長さ L を変更することによって、次の4通りの配置(図29(a)～(d))を検証した。

15 配置4-1：局所電極の基体に対する円弧状の長さ L が、基体の直径を D より短い場合(図29(a))。

配置4-2：局所電極の基体に対する円弧状の長さ L が、基体の直径を D とほぼ等しい場合(図29(b))。

20 配置4-3：局所電極の基体に対する円弧状の長さ L が、基体の直径を D より長い場合(図29(c))。

配置4-4：従来の装置と同様に、補助電極を設けない場合(図29(d))。

上記 J_i の測定には、図30(電極IIの側から見た電極Iの模式的平面図)に示すように、電極Iの基体を載置する部分(サセプタ：101a)に設けたプローブ(図中○印の位置)を用いた。すなわち、プローブは、磁場の印加手段109によって生じた電子流の流れの少なくとも上流側(E極側)から下流側(W極側)に直線状に、20mm間隔で3段配置した。3段の間隔は60mmであり、中段の測定ラインが基体の中心を通るように配置した。配置したプローブの数は、中段に9個、上段(N極側)及び下段(S極側)にそれぞれ5個である。

その際、局所電極（103）と電極Iの基体を載置している部分（101a）との間隔は、電氣的に短絡する距離よりは長く、かつ、該局所電極で生じた電子の運動が該基体まで届かなくなる距離よりは短くする必要がある、本例では1mmとした。

- 5 また、電極I（101）と前記電極II（105）との間隔は、該電極Iと該電極IIで挟まれた空間内で発生する局所的なプラズマ密度の最小値を最大値で割った比率が0.1以上となる距離が好ましが、本例では30mmとした。これによって、極端にプラズマ密度の低い空間が生じないようにした。

他の点は、実施例1の図10の条件（E極側のみカソード化）と同様とした。

- 10 図31（a）～（d）は、上記4つの配置におけるプラズマ密度： J_i の測定結果を示すグラフである。図31（a）～（d）は、配置4-1～4-4の結果を示す。図31において、横軸はプローブを配置した位置であり、縦軸はセルフバイアス電位： V_{dc} である。また、グラフに示した3つの印は、△印が上段の測定ラインの結果を、□印が中段の測定ラインの結果を、▽印が下段の測定ラインの結果を表す。

図31（a）～（d）より、以下の点が明らかとなった。

- ①配置4-4（局所電極を設けない場合（図29（d））に比べて、少なくとも上流側に局所電極（103）を設けた配置4-1～4-3（図29（a）～（c））は、中段の測定ラインにおいてプラズマ密度の均一化が図れる。但し、局所電極
20 の基体に対する円弧状の長さ L を基体の直径 D より短くした配置4-1（図29（a））の場合には、☆印の位置においてプラズマ密度の低下が確認された。

- ②局所電極の基体に対する円弧状の長さ L を基体の直径 D と同等かそれ以上とした配置4-2又は4-3（図29（b）、（c））では、上下段の測定ラインにおいてもプラズマ密度が均一となるので、基体全面に対して均一で安定したプラズマ
25 の形成が可能となることが分かった。

（実施例5）

本例では、図1の装置に代えて図32に示した補助電極のない平行平板型プラズマエッチング装置を用い、中心部（106）と外周部（107）に分離された電極II（105）と、電極I（101）との相対的な配置を変えて、電極I

(101)に載置される基体上のセルフバイアス電位： V_{dc} の分布を調べ、その均一性について検討した。図32において、100はチャンバ、101は電極I、101aは電極Iの基体を載置する部分（サセプタ）、105は電極II、106は中心電極、107は外周電極、108は基体、109は磁場の印加手段、110は電極Iに高周波を印加する電源、115は電極IIを構成する外周電極に高周波を印加する電源である。

ここで、電極IIを構成する外周電極としては、図36(a)に示すように、電極II 105を構成する外周部107が、同一のインピーダンスからなる一体物107aを用いた。

10 その際、電極I (101) には13.56MHzの高周波を、電極IIの外周電極 (107) には100MHzの高周波をそれぞれ印加し、電極IIの中心電極 (106) はアース電位としたとき生成したプラズマの、基体上の V_{dc} の分布を調べた。

15 上記電極II (105) と電極I (101) との相対的な配置の変更は、中心電極 (106) の直径や、外周電極 (107) の幅を変更することによって、次の6通りの配置 (図33(a)～(e)) を検証した。

配置5-1 : 電極I (101) の外周端が、電極II (105) を構成する外周電極 (107) の中間付近にある場合 (図33(a))。

20 配置5-2 : 電極I (101) の外周端が、電極II (105) を構成する外周電極 (107) の内周端付近にある場合 (図33(b))。

配置5-3 : 電極I (101) の外周端が、電極II (105) を構成する外周電極 (107) の外周端付近にある場合 (図33(c))。

配置5-4 : 電極I (101) の外周端が、電極II (105) を構成する中心電極 (106) の外周端より内側にある場合 (図33(d))。

25 配置5-5 : 電極I (101) の外周端が、電極II (105) を構成する外周電極 (107) の外周端より外側にある場合 (図33(e))。

配置5-6 : 従来の装置と同様に、電極II (105) は中心電極 (106) のみから構成されており、電極I (101) の外周端が、電極II (105) を構成する中心電極 (106) の外周端付近に

ある場合（図33（f））。

上記Vdcの測定には、図34（電極IIの側から見た電極Iの模式的平面図）
に示すように、電極Iの基体を載置する部分（サセプタ：101a）に設けたブ
ローブ（図中○印の位置）を用いた。すなわち、プローブは、磁場の印加手段
5 109によって生じた電子流の流れの少なくとも上流側（E極側）から下流側
（W極側）に直線状に、20mm間隔で9個配置した。

その際、電極II（105）を構成する中心電極（106）と外周電極
（107）との間隔は、電氣的に短絡する距離よりは長くする必要があり、本例
では1mmとした。

- 10 また、電極I（101）と前記電極IIの外周部（107）との間隔は、該電
極Iと該電極IIで挟まれた空間内で発生する局所的なプラズマ密度の最小値を
最大値で割った比率が0.1以上となる距離が好ましく、本例では30mmとし
た。これによって、極端にプラズマ密度の低い空間が生じないようにした。

- 図35は、上記6つの配置におけるセルフバイアス電位：Vdcの測定結果を示
15 すグラフである。図35における記号は、△印が配置5-1を、■印が配置5-2
を、○印が配置5-3を、▽印が配置5-4を、◇印が配置5-5を、×印が配置5-6
を、それぞれ示す。

図35より、以下の点が明らかとなった。

- ①配置5-6（外周電極を設けず、電極IIが中心電極のみから構成されている
20 場合：×印）のVdc分布（最大値と最小値の間隔）は約20Voltあるのに対し
て、高周波を印加する外周電極を設けた配置5-1～5-5とすることにより、E極
側からW極側に向かってVdcの均一化が図れ、そのVdc分布は約10Volt以内と
なる。

- ②電極I（101）の外周端を、電極II（105）を構成する外周電極
25 （107）の幅範囲内に設けた配置5-1～5-3では、E極側からW極側へのVdcの
バラツキを約5Volt以内に抑制できることが分かった。その結果、基体に対する
チャージアップダメージが著しく低減できる。

また、本例では電極IIの中心電極（106）をアース電位とした場合を例示
したが、電極IIの中心電極（106）をフローティングとした場合も本例と同

様な結果が得られることが確認された。従って、電極 I I の中心電極 (106) は、アース電位またはフローティングのいずれであっても構わない。

さらに、本例では電極 I I を構成する外周電極として、図 36 (a) に示すように、電極 I I 105 を構成する外周部 107 が、同一のインピーダンスからなる一体物 107 a を用いたが、図 36 (b) に示すように、電極 I I 105 を構成する外周部 107 がリング体であり、該リング体のインピーダンスは、磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの上流側 (E 極側) に相当する部分 107 b が他の部分 107 c より低くなるように、異なるインピーダンスの領域を設けたても、上述した図 35 とほぼ同じ結果が得られることが確認された。

10

産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明によれば、基体表面に対する生成プラズマの密度の均一化を図ることが可能な補助電極がえられる。

また、本発明の補助電極を、基体が載置された電極 I の外周に備えることにより、基体全面に対して均一なエッチングあるいはスパッタリングが可能なプラズマエッチング装置が構築できる。

15

さらに、電極 I と対向した位置にある電極 I I の外周部のみに高周波電力を印加することで、基体に対するセルフバイアス電位の均一化が図れるプラズマエッチング装置の提供が可能となる。

20

25

請求の範囲

1. 平行平板型の2つの電極 I 及び電極 I I と、該電極 I 又は / 及び電極 I I に接続された高周波電力の印加手段とを備え、
- 5 前記電極 I の前記電極 I I と対向する面の上にはプラズマを用いてエッチング処理が行われる基体を載置しており、
前記基体のプラズマエッチングが行われる面に対して水平でかつ一方向性を有する磁場の印加手段を設けたプラズマエッチング装置において、
前記基体に対して、前記磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの少なく
- 10 とも上流側に補助電極を設け、
該補助電極は、前記電極 I I と対向する側に配置される局所電極と、該局所電極の前記電極 I と電気的接合する部分に設けたインピーダンスを調整する手段と、
から構成されることを特徴とするプラズマエッチング装置。
- 15 2. 平行平板型の2つの電極 I 及び電極 I I と、該電極 I 及び電極 I I に接続された高周波電力の印加手段とを備え、
前記電極 I の前記電極 I I と対向する面の上にはプラズマを用いてエッチング処理が行われる基体を載置しており、
前記基体のプラズマエッチングが行われる面に対して水平でかつ一方向性を有
- 20 する磁場の印加手段を設けたプラズマエッチング装置において、
前記電極 I I は、電気的に接地された中心部と、前記電極 I に接続された高周波電源とは独立して制御できる高周波電源に接続された外周部と、
から構成されていることを特徴とするプラズマエッチング装置。
3. 平行平板型の2つの電極 I 及び電極 I I と、該電極 I 及び電極 I I に接続
- 25 された高周波電力の印加手段とを備え、
前記電極 I の前記電極 I I と対向する面の上にはプラズマを用いてエッチング処理が行われる基体を載置しており、
前記基体のプラズマエッチングが行われる面に対して水平でかつ一方向性を有する磁場の印加手段を設けたプラズマエッチング装置において、

前記基体に対して、前記磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの少なくとも上流側に補助電極を設け、

- 該補助電極は、前記電極 I I と対向する側に配置される局所電極と、該局所電極の前記電極 I と電気的接合する部分に設けたインピーダンスを調整する手段と、
- 5 から構成されており、

前記電極 I I は、電気的に接地された中心部と、前記電極 I に接続された高周波電源とは独立して制御できる高周波電源に接続された外周部と、から構成されていることを特徴とするプラズマエッチング装置。

- 10 4. 前記磁場の印加手段が、ダイポールリングマグネット (DRM) であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のプラズマエッチング装置。

5. 前記補助電極を構成する局所電極は、前記磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの上流側にのみ設けた導電性材料からなる第 1 の局所電極であることを特徴とする請求項 1 又は 3 に記載のプラズマエッチング装置。
- 15

6. 前記補助電極を構成する局所電極は、前記磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの少なくとも上流側に設けた導電性材料からなる第 2 の局所電極と、該上流側以外に設けた絶縁性材料からなる第 3 の局所電極と、の組合せからなることを特徴とする請求項 1 又は 3 に記載のプラズマエッチング装置。

- 20 7. 前記補助電極を構成する局所電極は、前記磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの少なくとも上流側では幅が広く、該上流側以外では幅が狭い導電性材料からなる第 4 の局所電極と、前記基体側から見て、該第 4 の局所電極の幅が狭い領域の外側に設けた絶縁性材料からなる第 5 の局所電極と、の組合せからなることを特徴とする請求項 1 又は 3 に記載のプラズマエッチング装置。

- 25 8. 前記磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの少なくとも上流側に設けた補助電極を構成する局所電極が、前記基体の全ての位置から見て、該電子流の流れの上流側をカバーする大きさを有することを特徴とする請求項 1 又は 3 に記載のプラズマエッチング装置。

9. 前記接合インピーダンスを調整する手段が、前記局所電極の前記電極 I と

電氣的接合する部分に設けた凹凸形状であることを特徴とする請求項 1 又は 3 に記載のプラズマエッチング装置。

10. 10. 前記接合インピーダンスを調整する手段が、前記電極 I の前記局所電極と電氣的接合する部分に設けた凹凸形状であることを特徴とする請求項 1 又は 3
5 に記載のプラズマエッチング装置。

11. 前記接合インピーダンスを調整する手段が、前記局所電極と前記電極 I との間に設けた、該局所電極及び該電極 I とは異なる誘電率の材料からなる単層膜あるいは積層膜であることを特徴とする請求項 1 又は 3 に記載のプラズマエッチング装置。

10. 12. 前記接合インピーダンスを調整する手段が、前記局所電極の内部に設けた空洞であることを特徴とする請求項 1 又は 3 に記載のプラズマエッチング装置。

15. 13. 前記接合インピーダンスを調整する手段が、前記局所電極と前記電極 I との界面付近に設けた空洞であることを特徴とする請求項 1 又は 3 に記載のプラズマエッチング装置。

14. 前記空洞の内部は、真空、不活性気体、又は、前記局所電極及び前記電極 I とは異なる誘電率の材料、のいずれかであることを特徴とする請求項 12 又は 13 に記載のプラズマエッチング装置。

20. 15. 前記接合インピーダンスを調整する手段が、前記局所電極と前記電極 I との間に設けたコンデンサであることを特徴とする請求項 1 又は 3 に記載のプラズマエッチング装置。

16. 前記局所電極を構成する材料が、Al、Cu、Si、SiC、グラッシーカーボン、のいずれかであることを特徴とする請求項 1 又は 3 に記載のプラズマエッチング装置。

25. 17. プラズマに曝される前記局所電極の表面は、前記基体の表面と同じ高さか、あるいは該基体の表面よりイオンシースの幅以内で高いことを特徴とする請求項 1 又は 3 に記載のプラズマエッチング装置。

18. 前記局所電極と前記電極 I の基体を載置している部分との間隔は、電氣的に短絡する距離よりは長く、かつ、該局所電極で生じた電子の運動が該基体ま

で届かなくなる距離よりは短いことを特徴とする請求項 1 又は 3 に記載のプラズマエッチング装置。

- 1 9. 前記電極 I の上に載置された基体の外周端は、前記電極 I I の外周端と同じか、あるいは内側に配置されることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマエッチング装置。

2 0. 前記電極 I と前記電極 I I の外周部との間隔は、該電極 I と該電極 I I の各表面で生ずる電子の移動が互いに影響を及ぼす距離とすることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載のプラズマエッチング装置。

- 2 1. 前記電極 I I を構成する中心部と外周部との間隔は、電氣的に短絡する距離よりは長くすることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載のプラズマエッチング装置。

2 2. 前記電極 I の上に載置された基体の外周端は、前記電極 I I を構成する外周部の外周端から内周端の範囲内に配置されることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載のプラズマエッチング装置。

- 15 2 3. 前記電極 I と前記電極 I I で挟まれた空間内にプロセスガスを導入する機構として、該電極 I I の電氣的に接地された領域に複数個配置された導入管からなるシャワーヘッドを有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のプラズマエッチング装置。

- 2 4. 前記電極 I と前記電極 I I に個別に高周波を印加して、該電極 I に載置した基体をプラズマエッチングする場合、該電極 I に印加する高周波の周波数を f_1 と、該電極 I I に印加する高周波の周波数を f_2 との関係が、 $f_1 \leq f_2$ であることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載のプラズマエッチング装置。

2 5. 平行平板型の 2 つの電極 I 及び電極 I I と、該電極 I 又は / 及び電極 I I に接続された高周波電力の印加手段とを備え、

- 25 前記電極 I の前記電極 I I と対向する面の上にはプラズマを用いてエッチング処理が行われる基体を載置しており、

前記基体のプラズマエッチングが行われる面に対して水平でかつ一方向性を有する磁場の印加手段を設けたプラズマエッチング装置において、

前記基体の周辺部にリング体の補助電極を設け、

該補助電極は、前記電極 I I と対向する側に配置される局所電極と、該局所電極の前記電極 I と電氣的接合する部分に設けたインピーダンスを調整する手段と、

から構成されており、

- 5 かつ、前記リング体のインピーダンスは、前記磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの上流側に相当する部分が他の部分より低いことを特徴とするプラズマエッチング装置。

26. 平行平板型の2つの電極 I 及び電極 I I と、該電極 I 及び電極 I I に接続された高周波電力の印加手段とを備え、

- 10 前記電極 I の前記電極 I I と対向する面の上にはプラズマを用いてエッチング処理が行われる基体を載置しており、

前記基体のプラズマエッチングが行われる面に対して水平でかつ一方向性を有する磁場の印加手段を設けたプラズマエッチング装置において、

- 15 前記電極 I I は、電氣的に接地された中心部と、前記電極 I に接続された高周波電源とは独立して制御できる高周波電源に接続されたリング体の外周部と、から構成されており、

かつ、前記リング体のインピーダンスは、前記磁場の印加手段によって生じた電子流の流れの上流側に相当する部分が他の部分より低いことを特徴とするプラズマエッチング装置。

20

25

Fig. 1

1/34

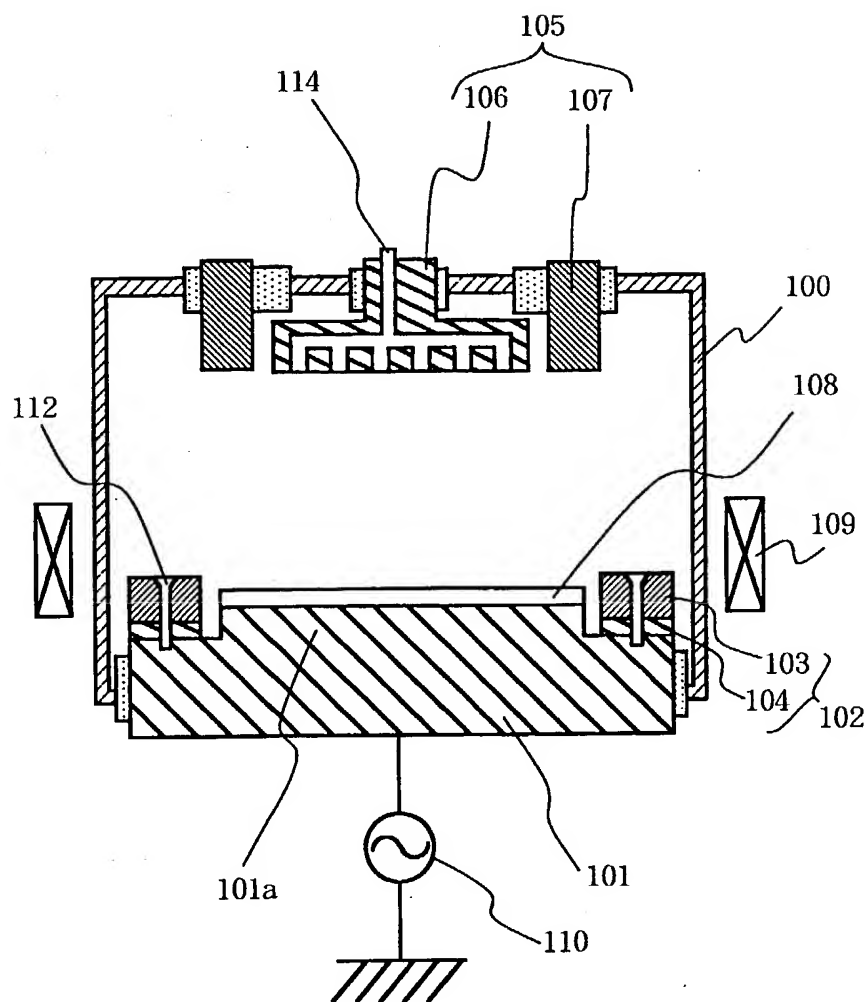


Fig. 2

2/34

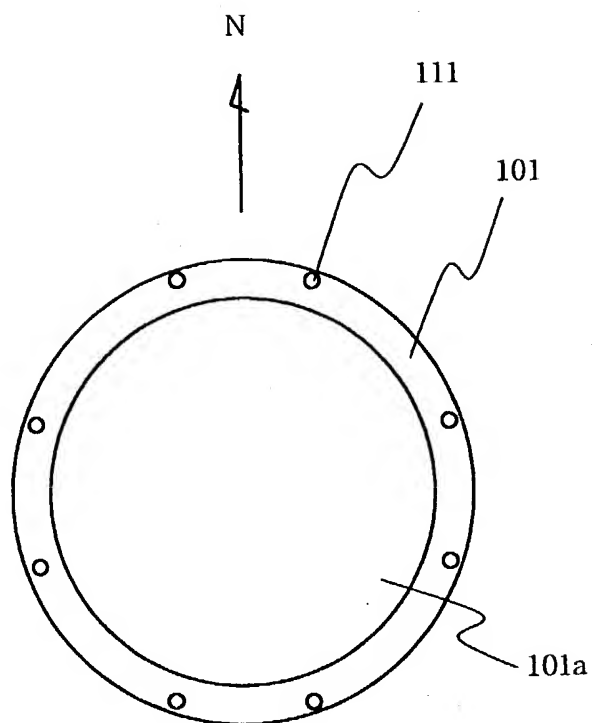


Fig. 3

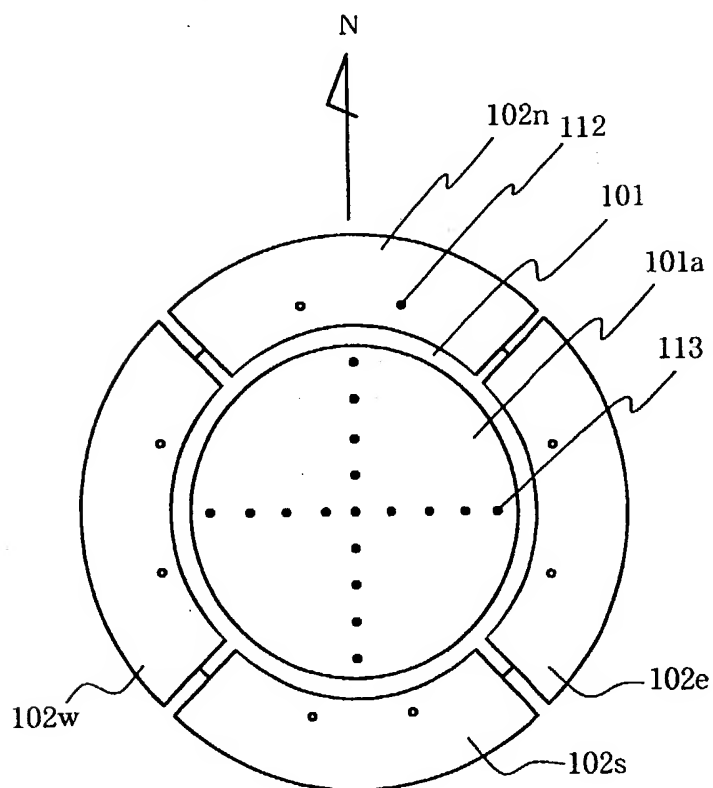


Fig. 4

3/34

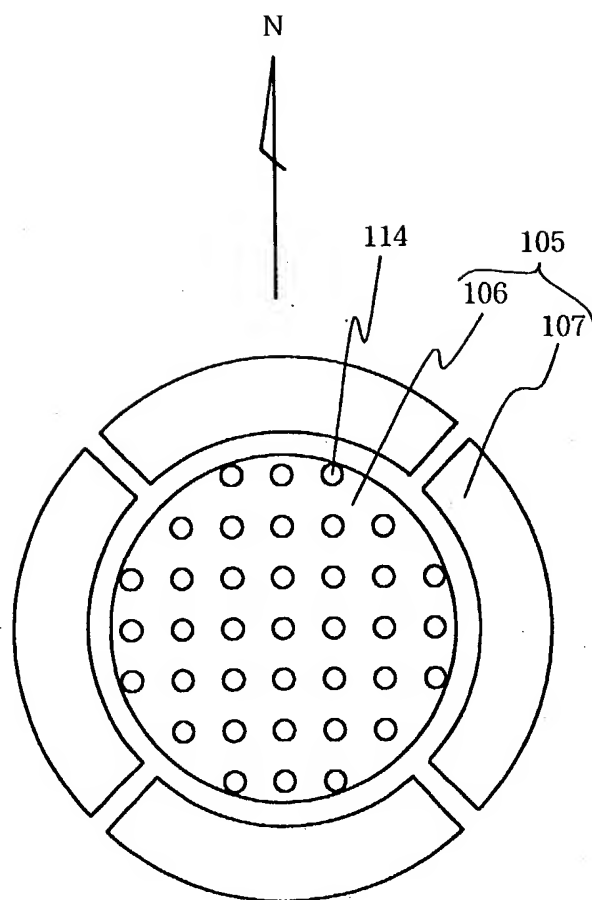
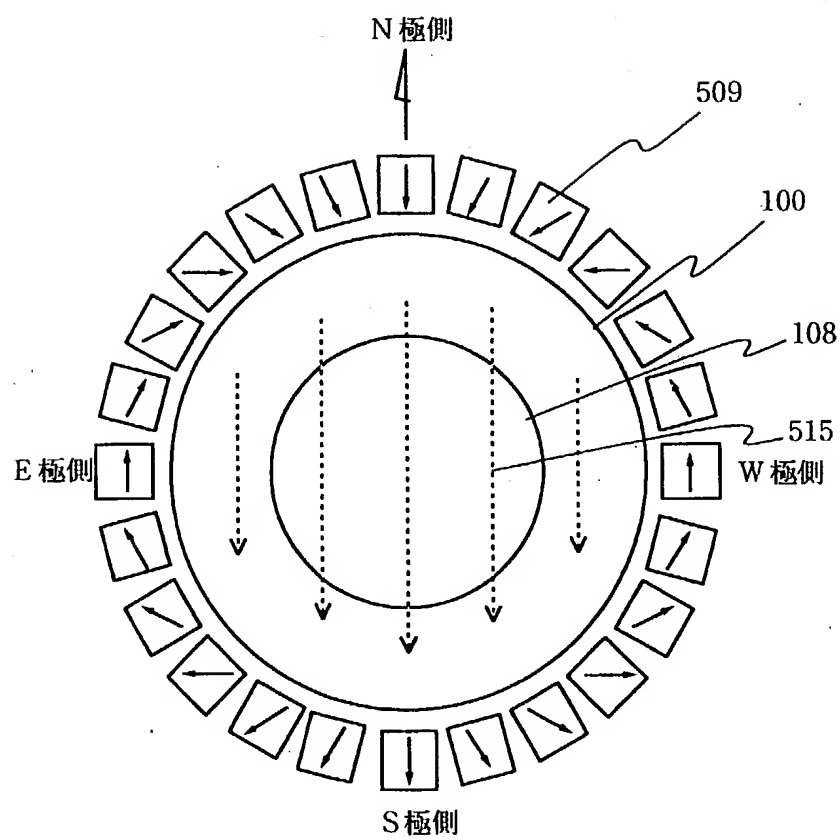


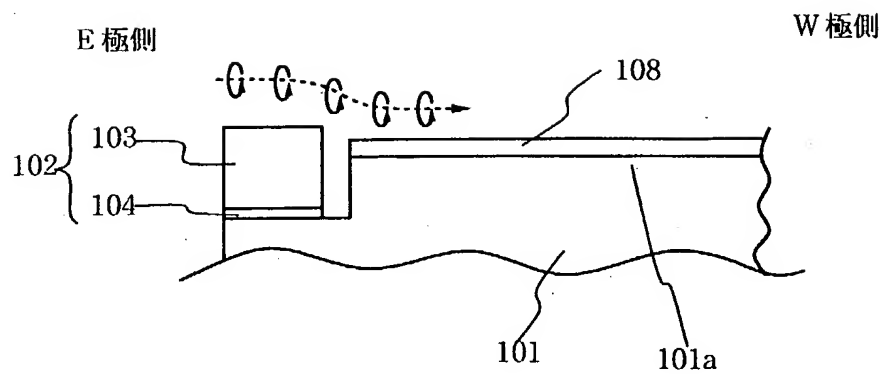
Fig. 5



F i g. 6

5/34

(a)



(b)

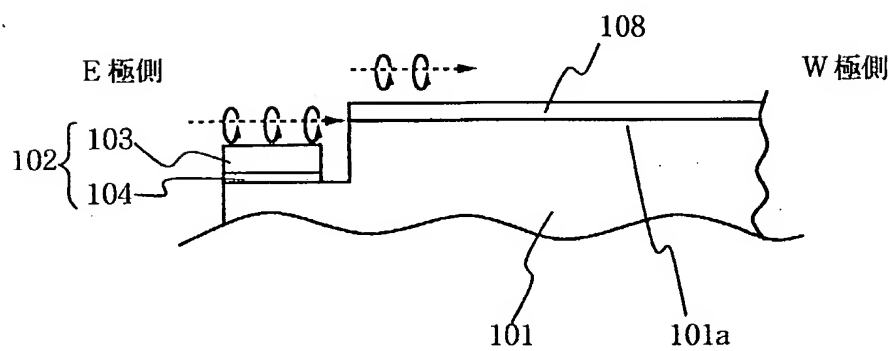


Fig. 7

6/34

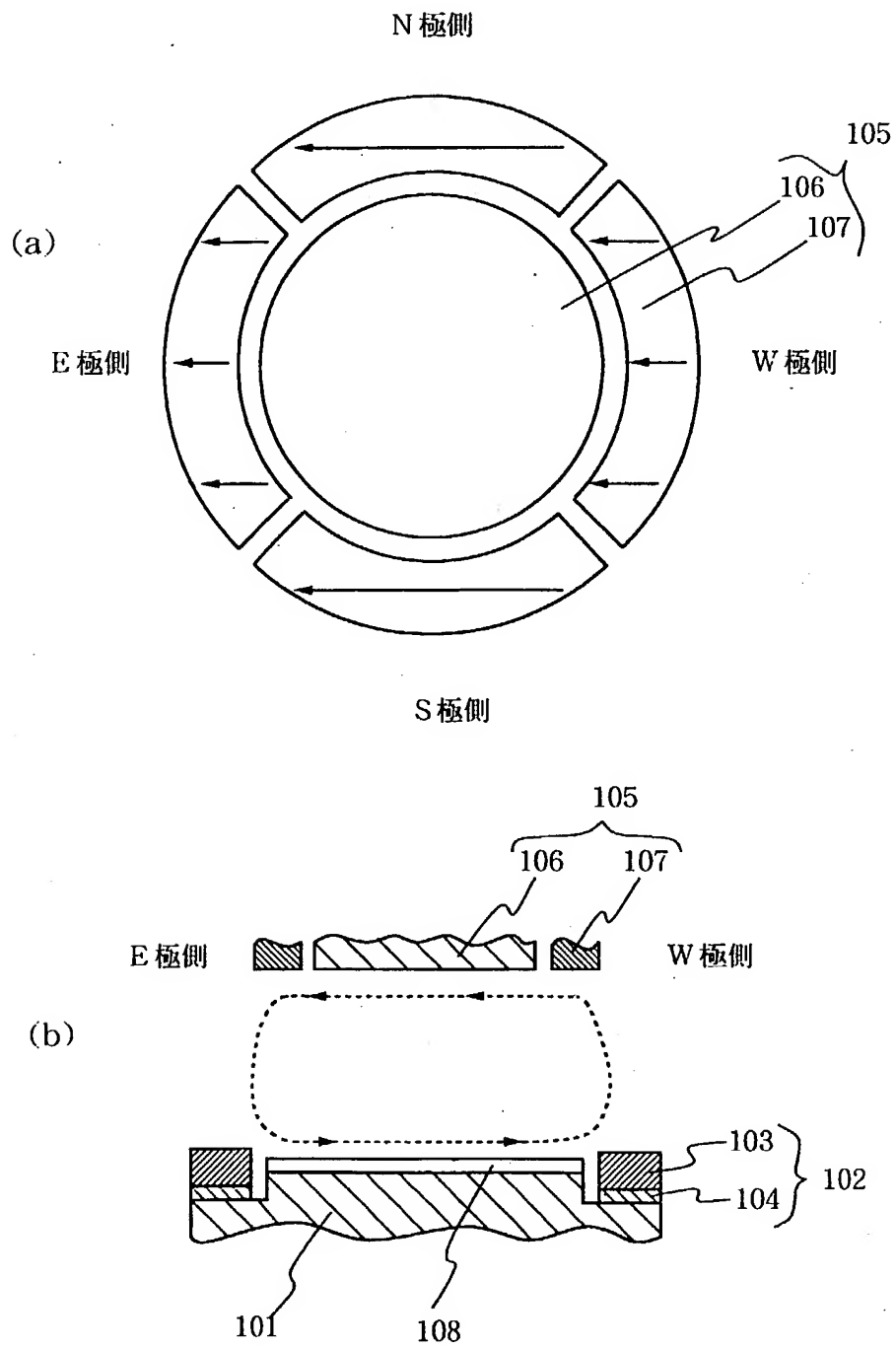
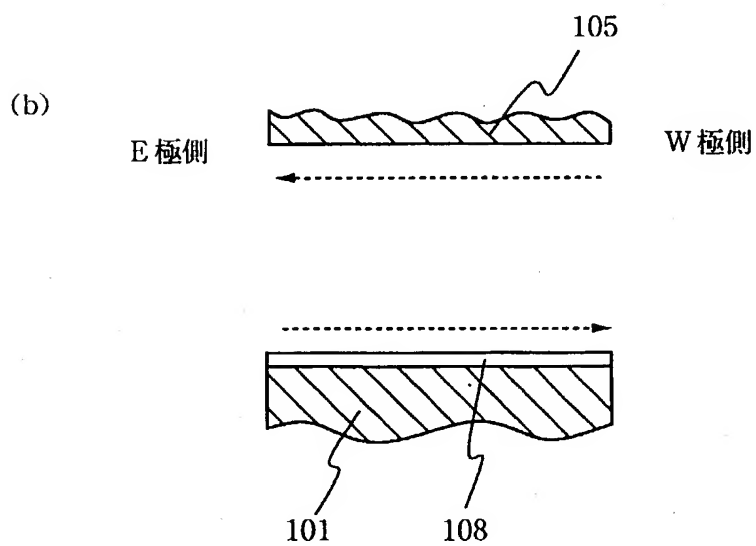
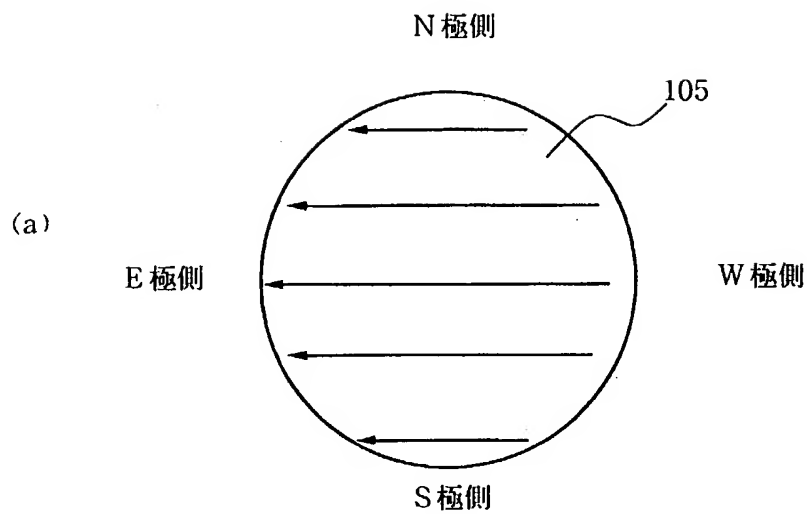


Fig. 8



F i g . 9

8/34

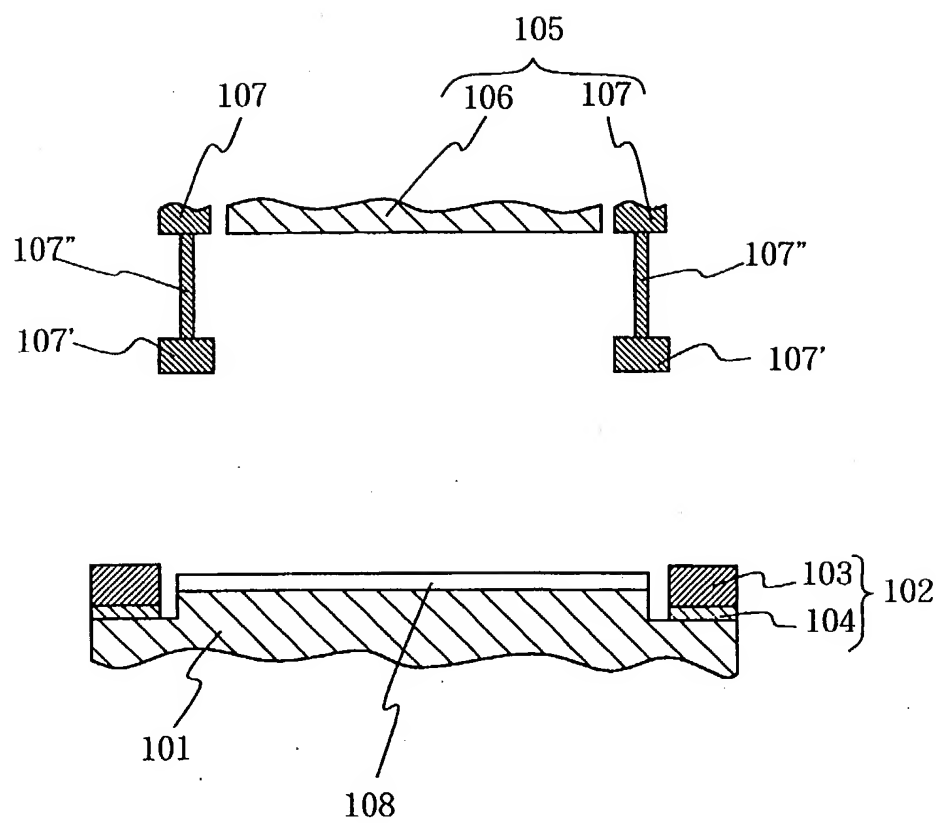


Fig. 10

9/34

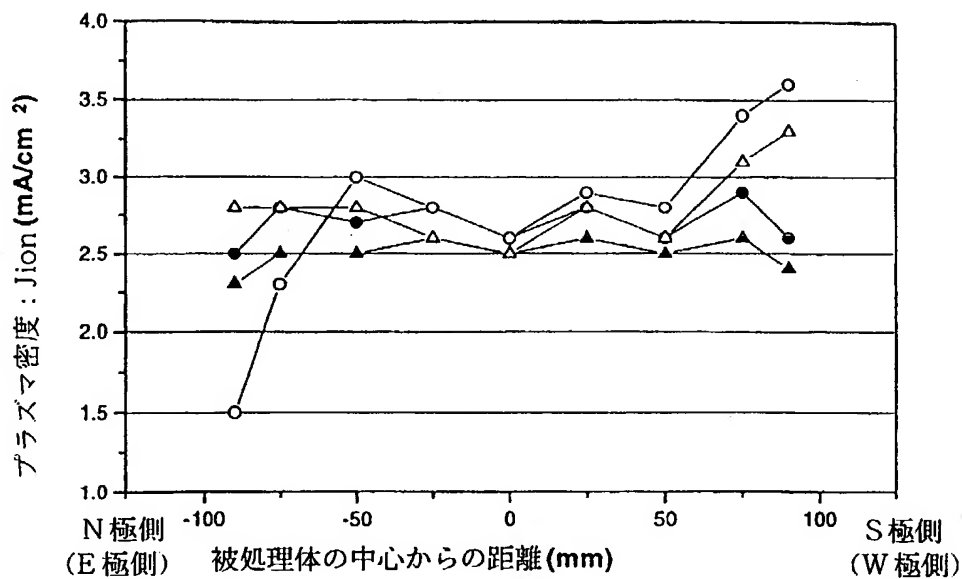
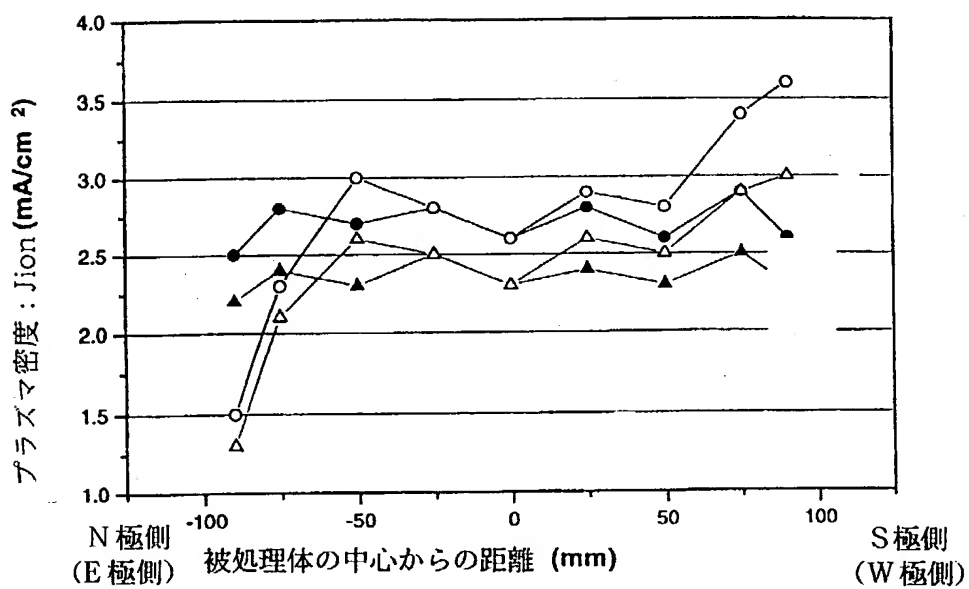
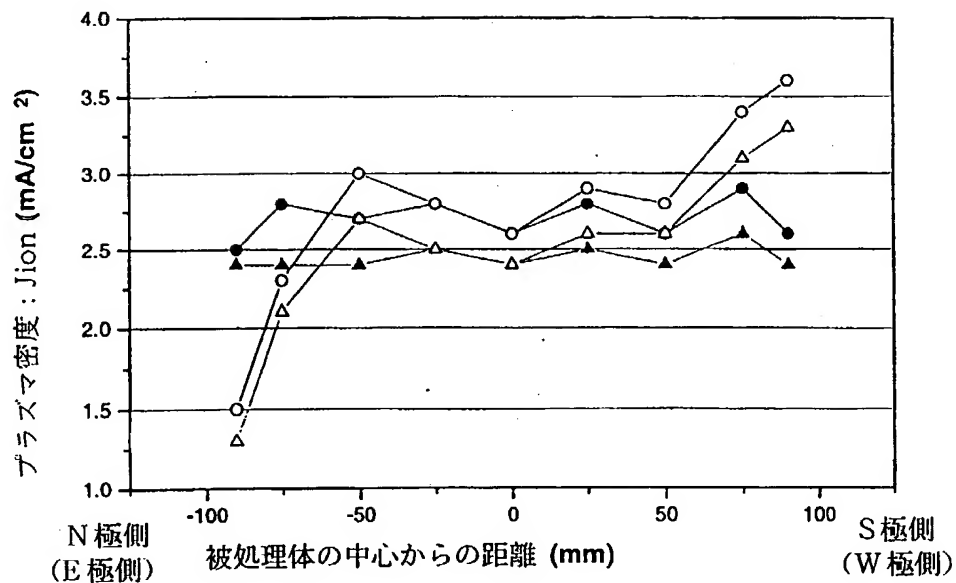


Fig. 11



F i g. 1 2

10/34



F i g. 1 3

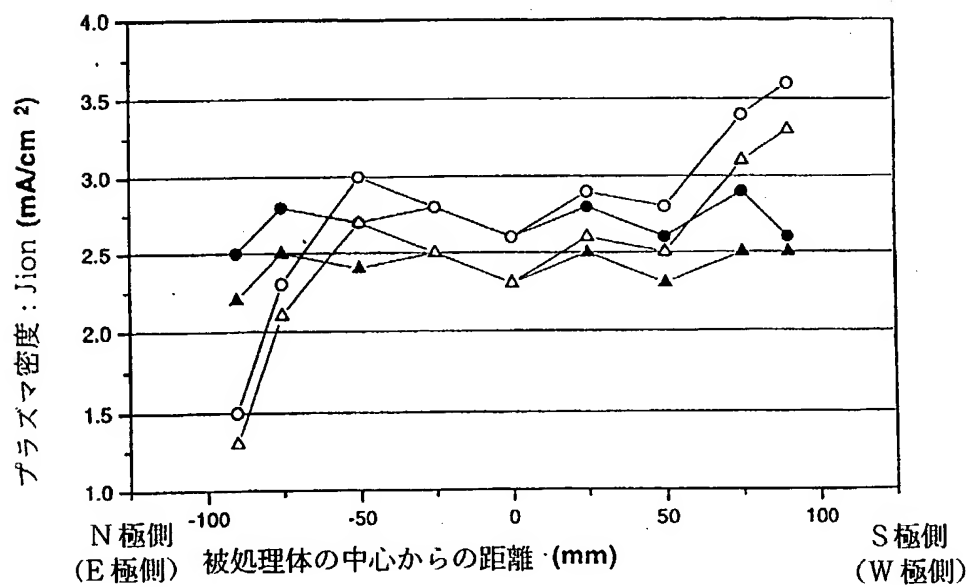
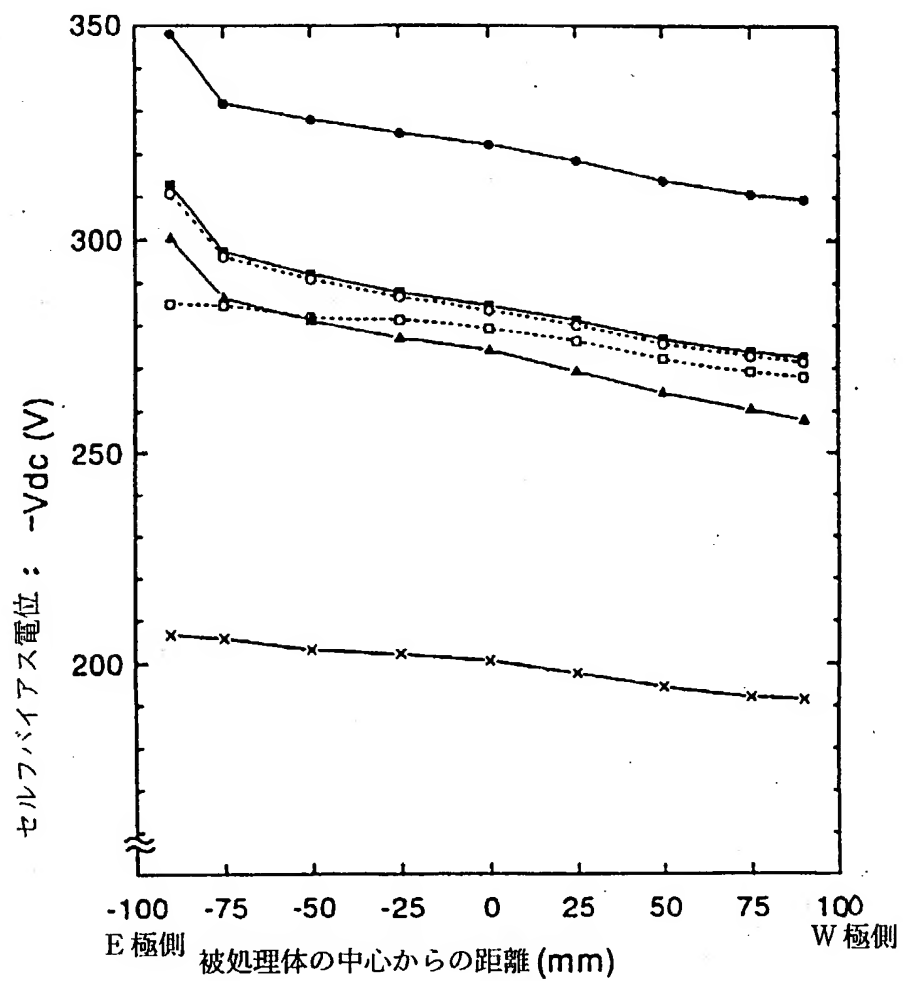


Fig. 14

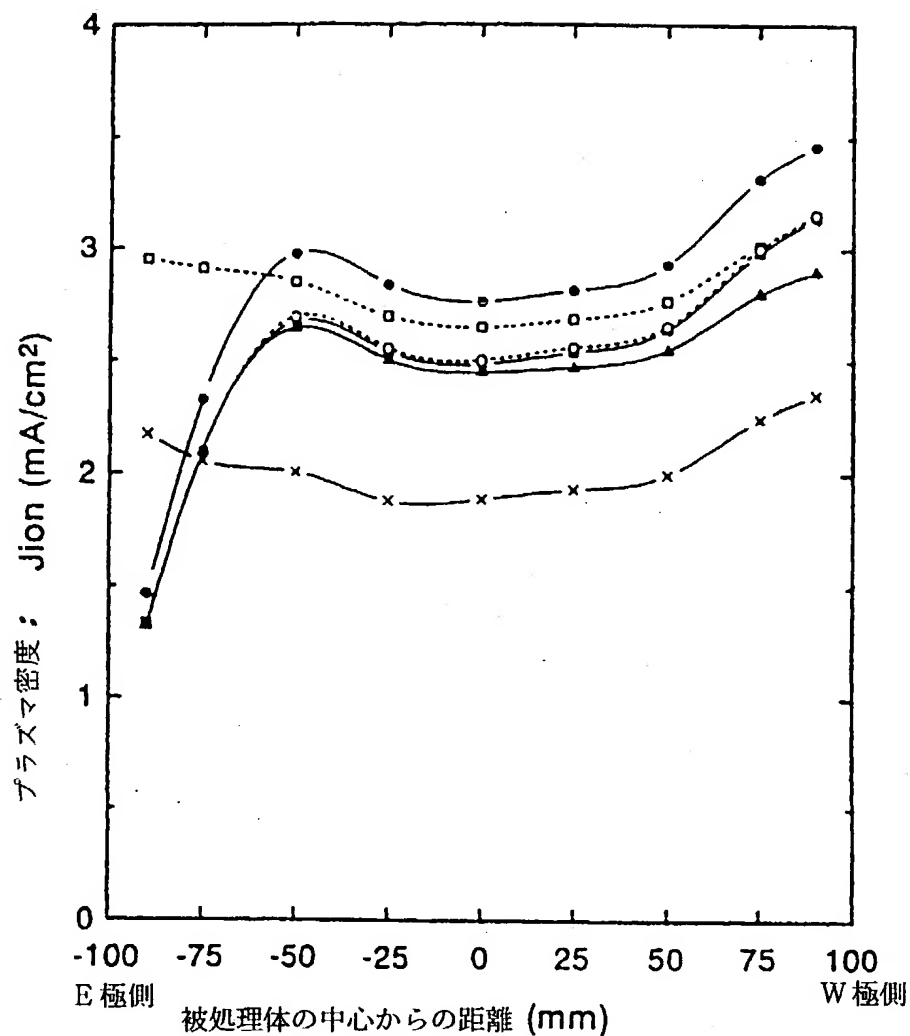
11/34



- E,W,N,S:1pF/cm²
- N:Short, E,W,S:1pF/cm²
- S:Short, E,W,N:1pF/cm²
- E:Short, W,N,S:1pF/cm²
- ▲— W:Short, E,N,S:1pF/cm²
- x— E,W,N,S:Short

Fig. 15

12/34



- E,W,N,S:1pF/cm²
- N:Short, E,W,S:1pF/cm²
- S:Short, E,W,N:1pF/cm²
- E:Short, :W,N,S:1pF/cm²
- W:Short, :E,N,S:1pF/cm²
- x— E,W,N,S:Short

Fig. 16

13/34

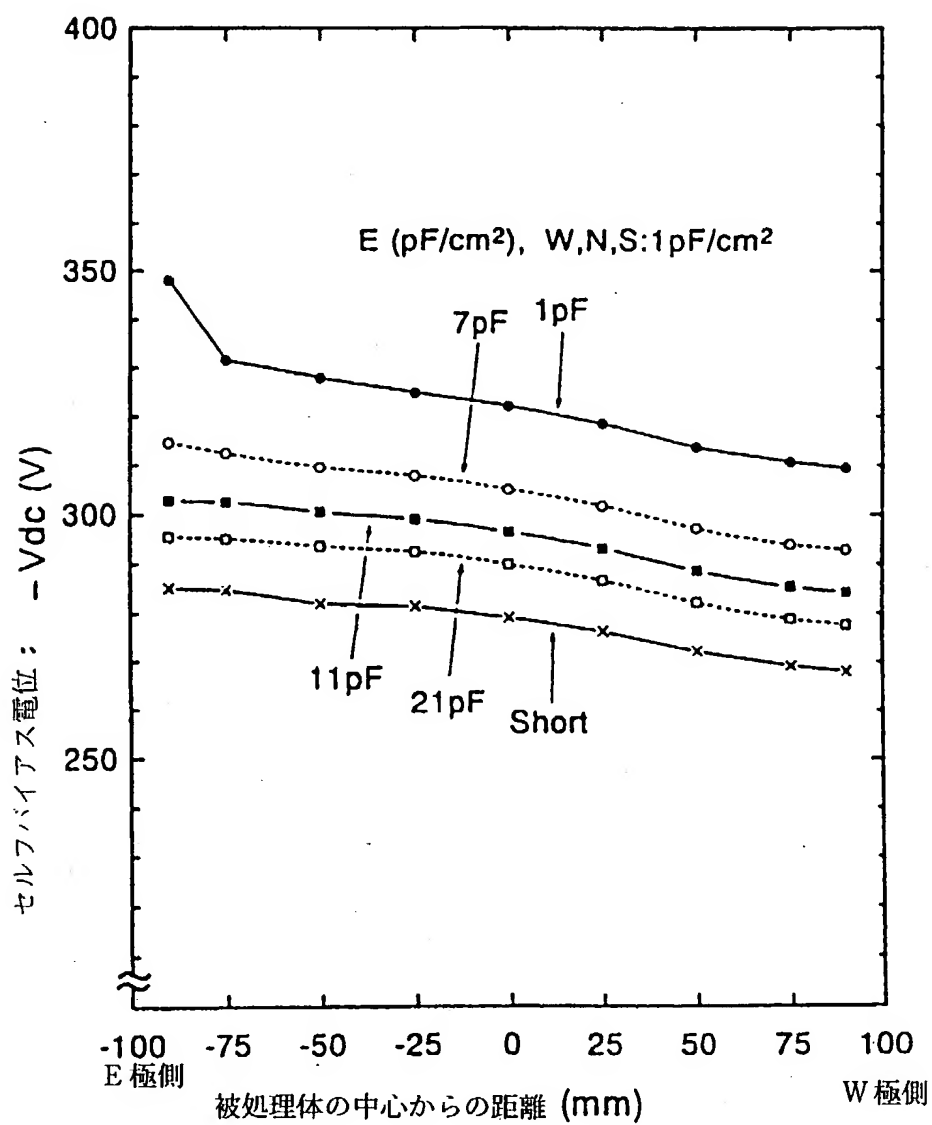


Fig. 17

14/34

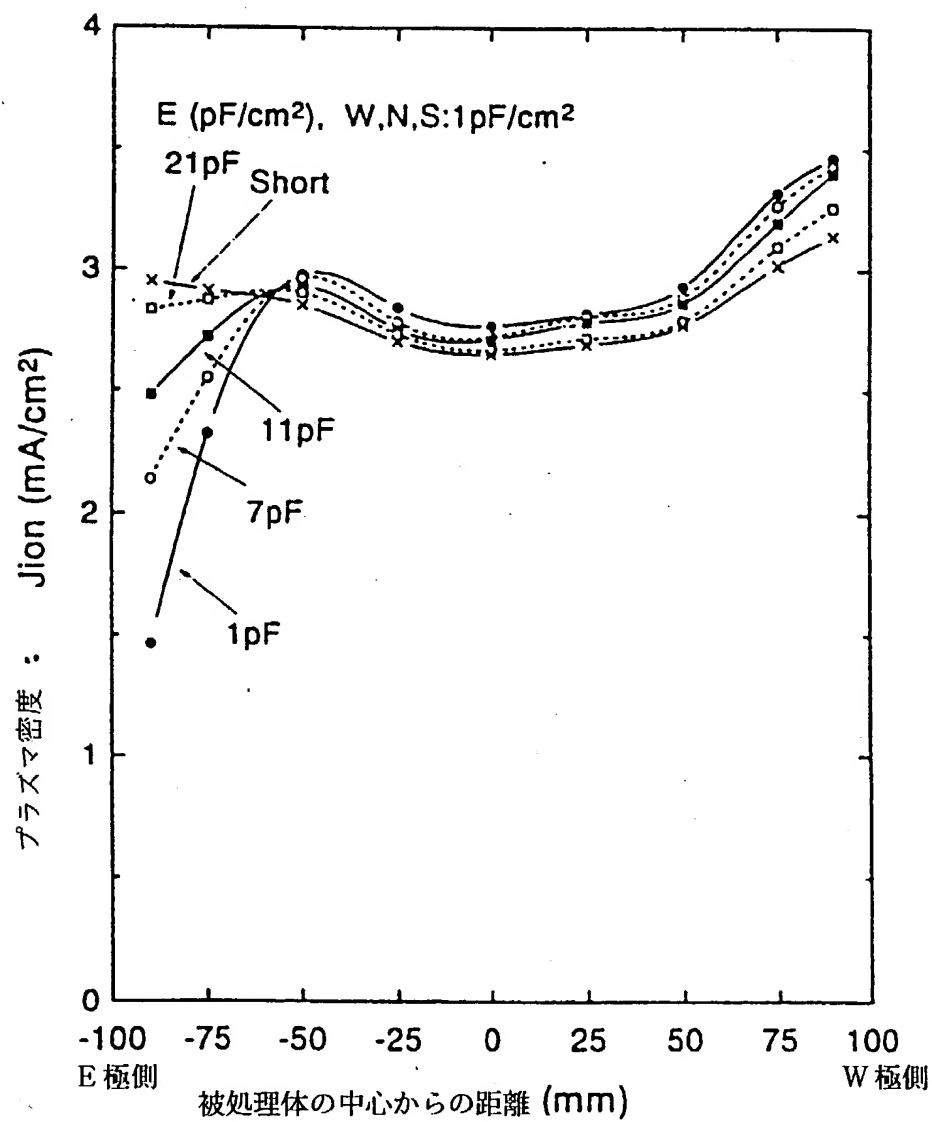


Fig. 18

15/34

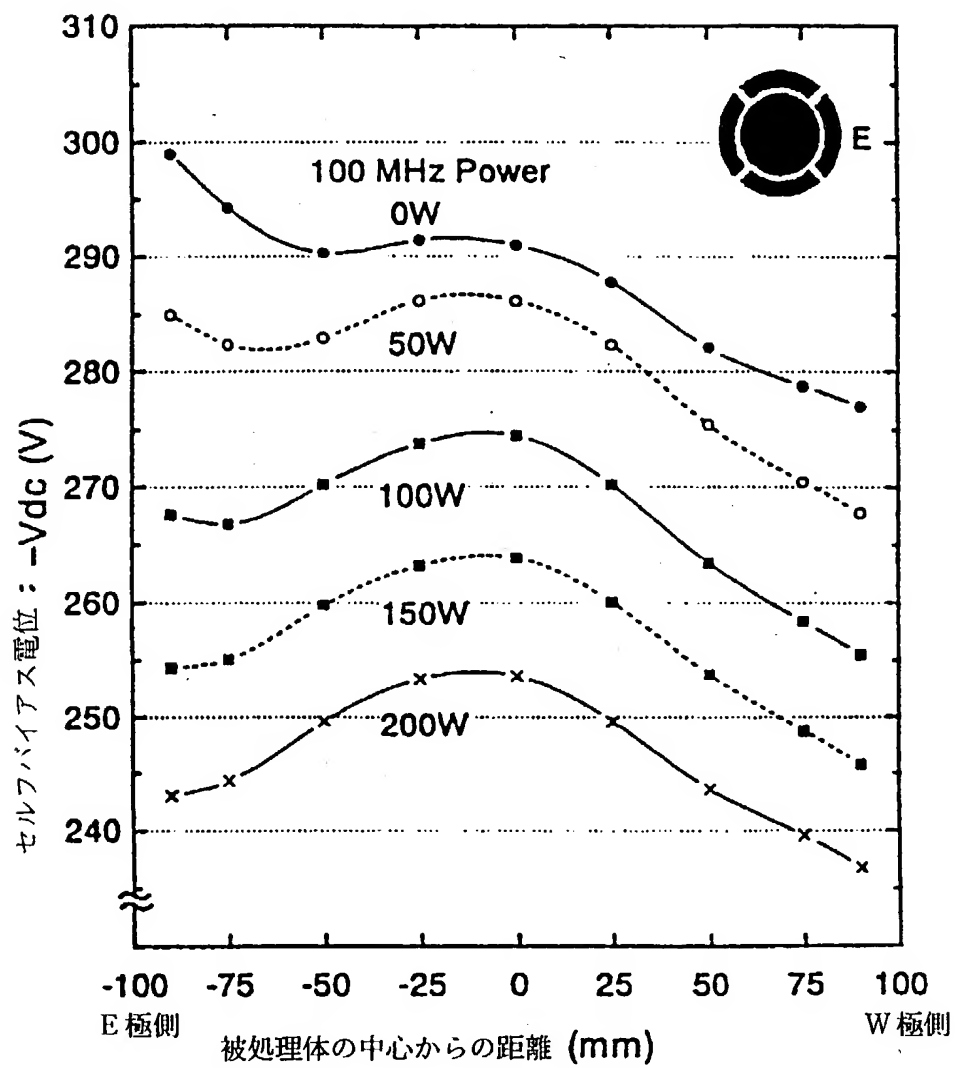


Fig. 19

16/34

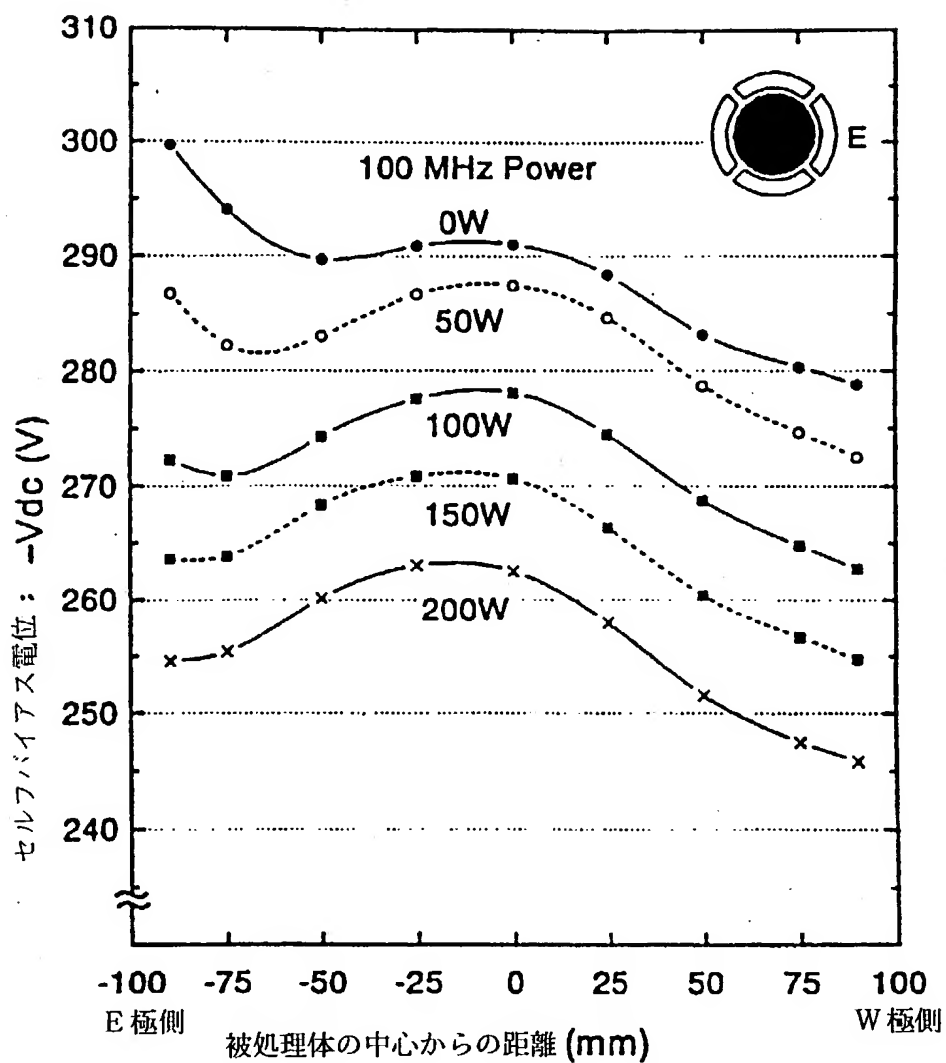


Fig. 20

17/34

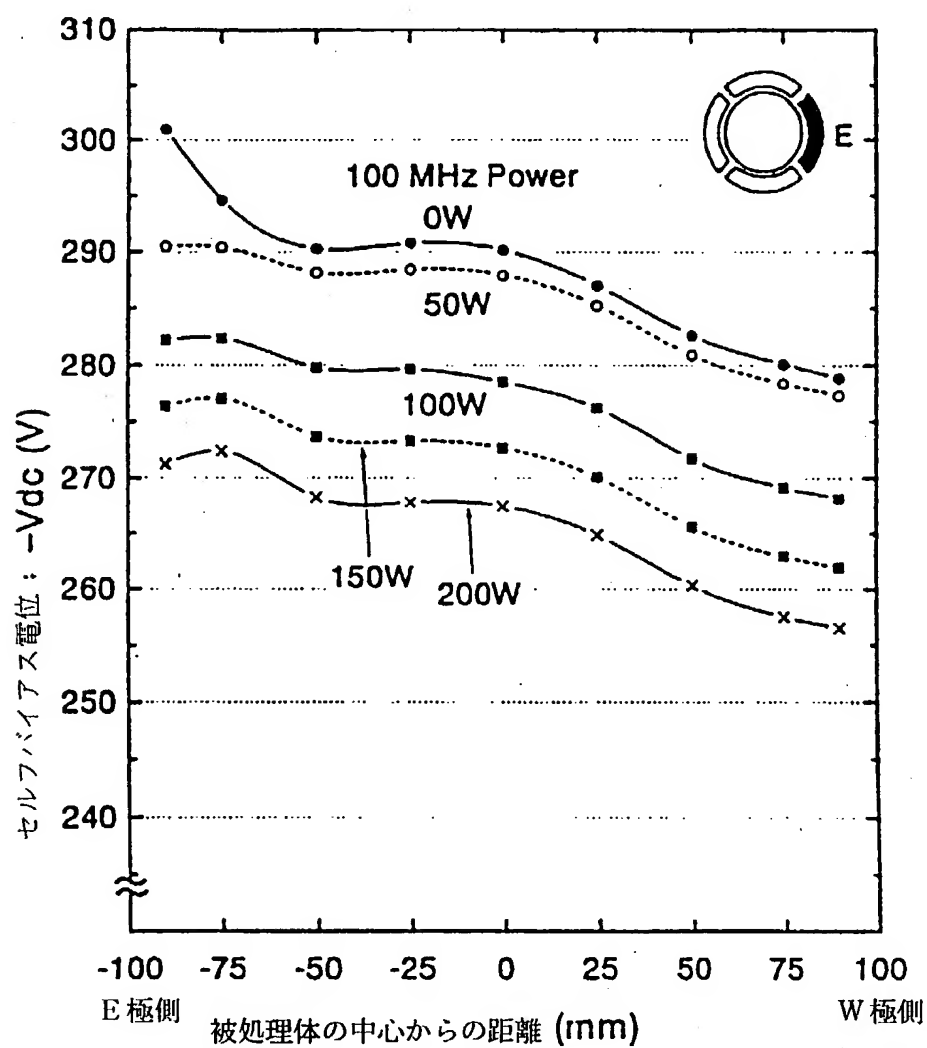


Fig. 21

18/34

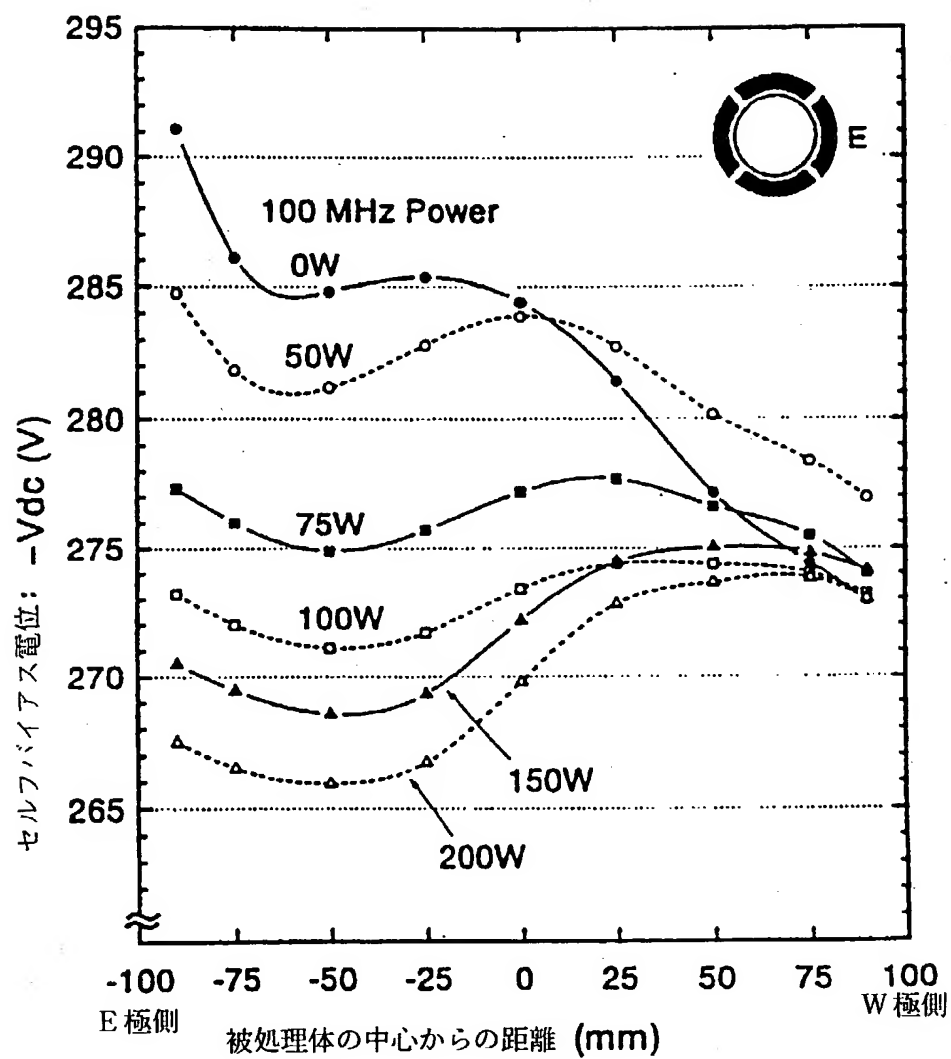


Fig. 22

19/34

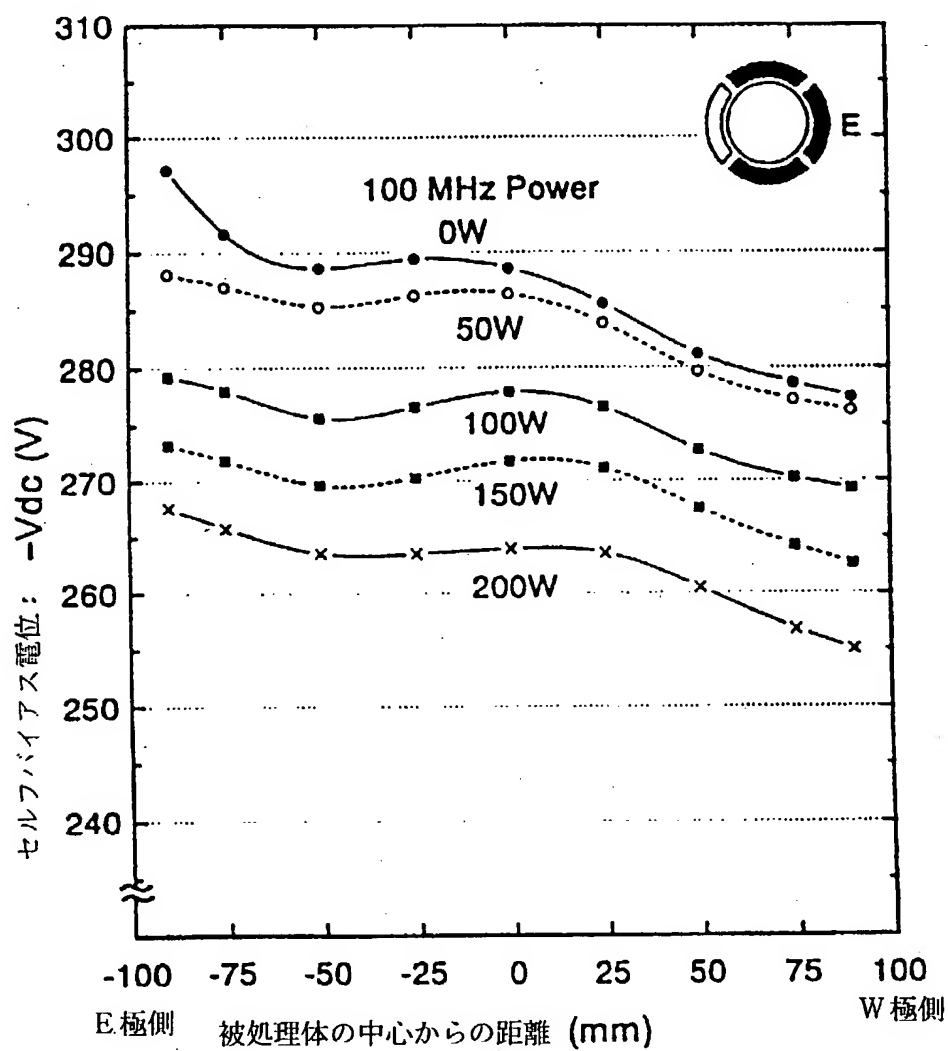
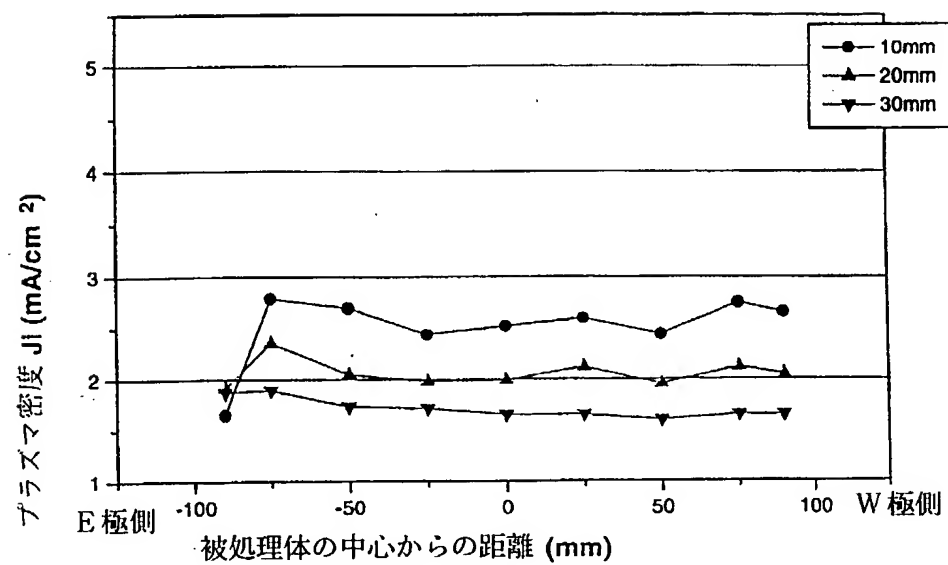


Fig. 23

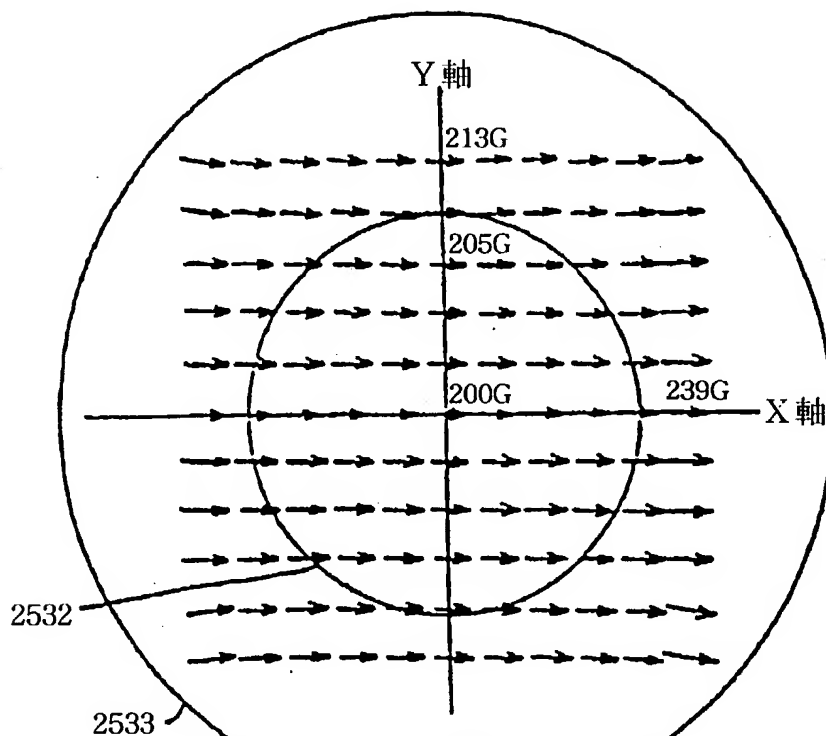
20/34



F i g . 2 5

22/34

(a)



(b)

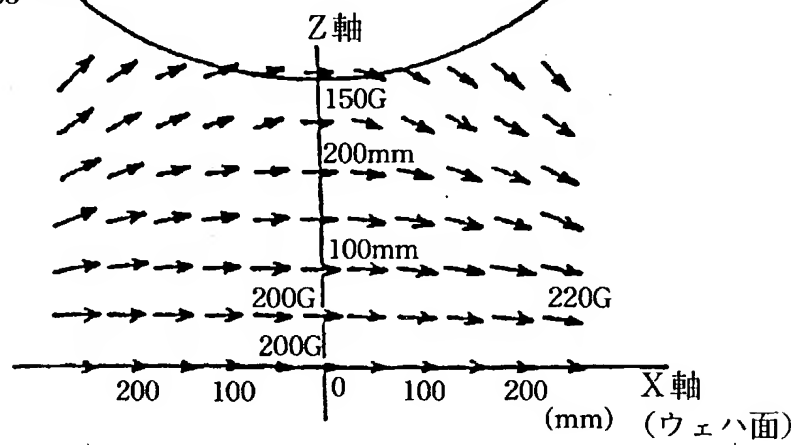


Fig. 26

23/34

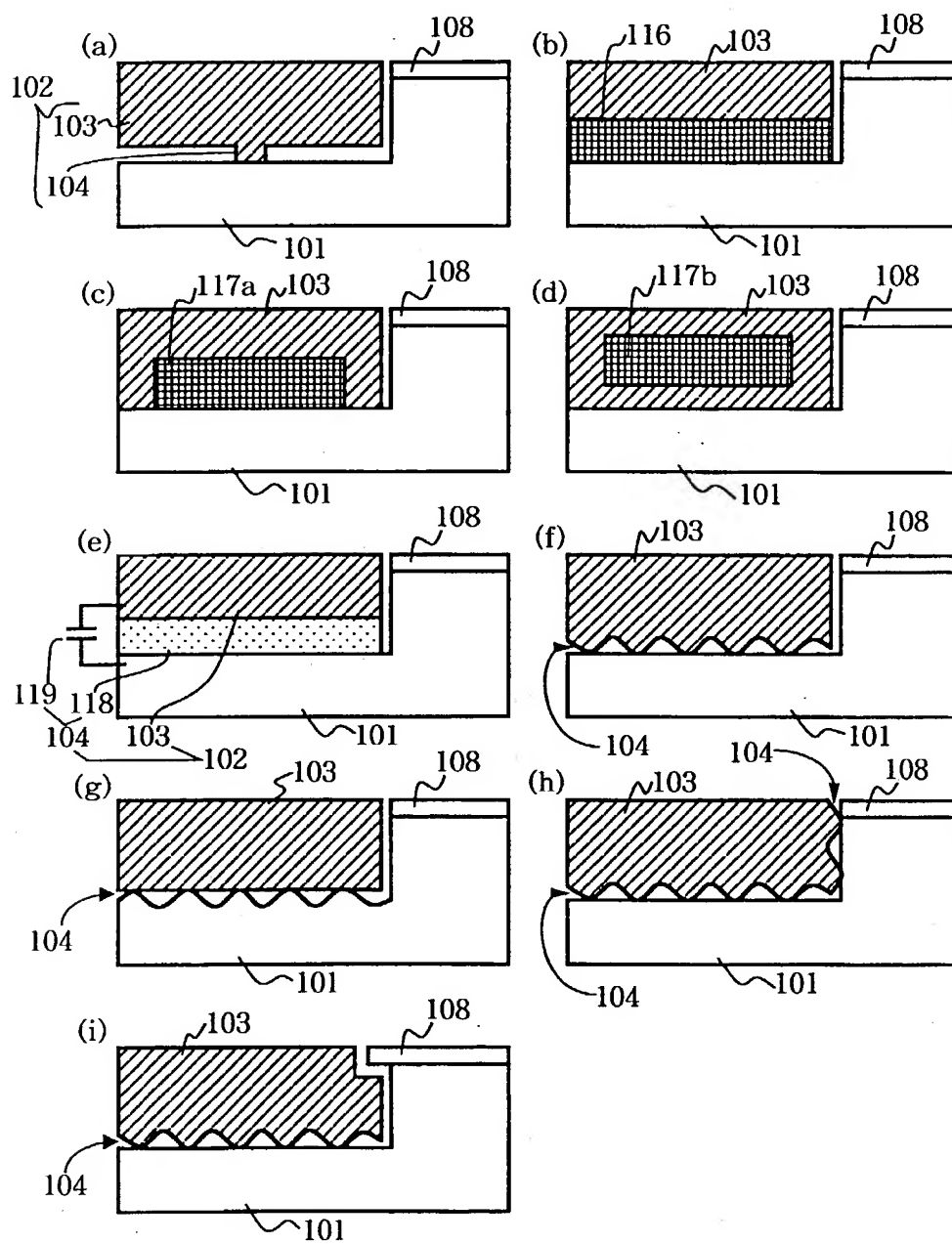


Fig. 27

24/34

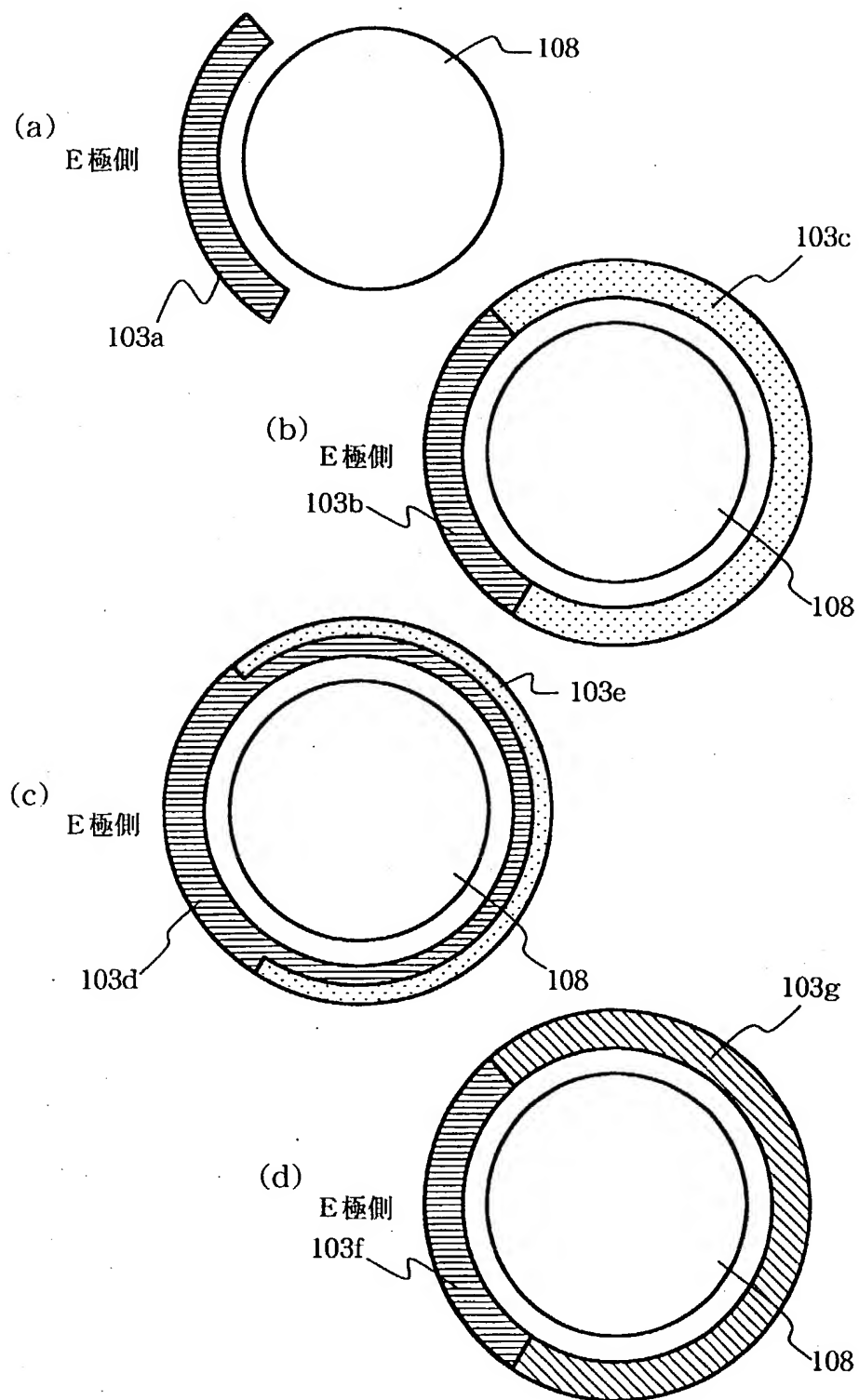


Fig. 28

25/34

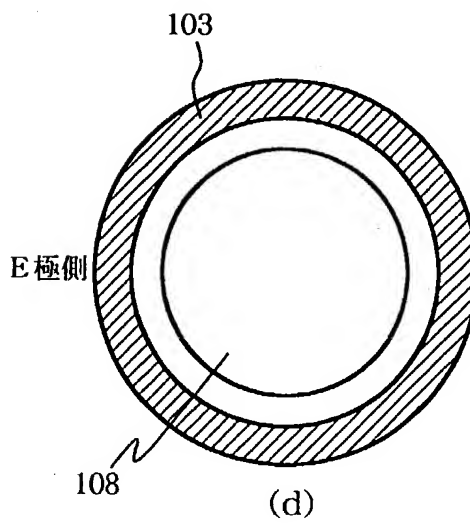
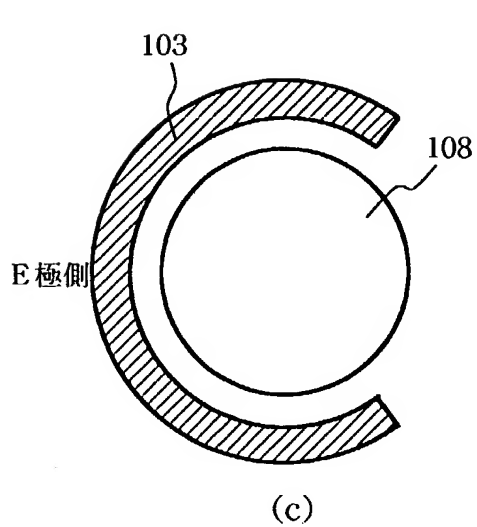
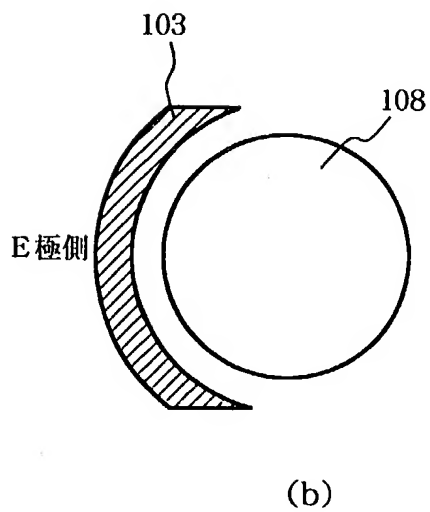
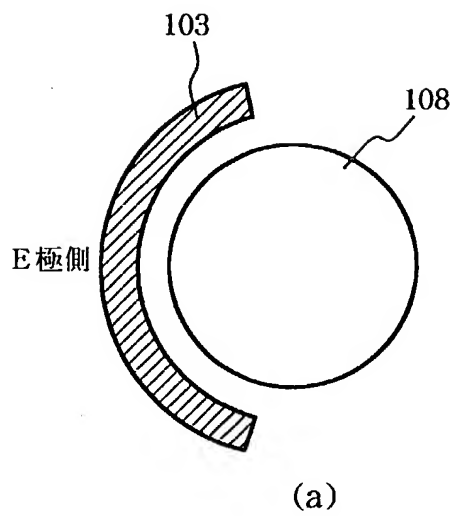


Fig. 29

26/34

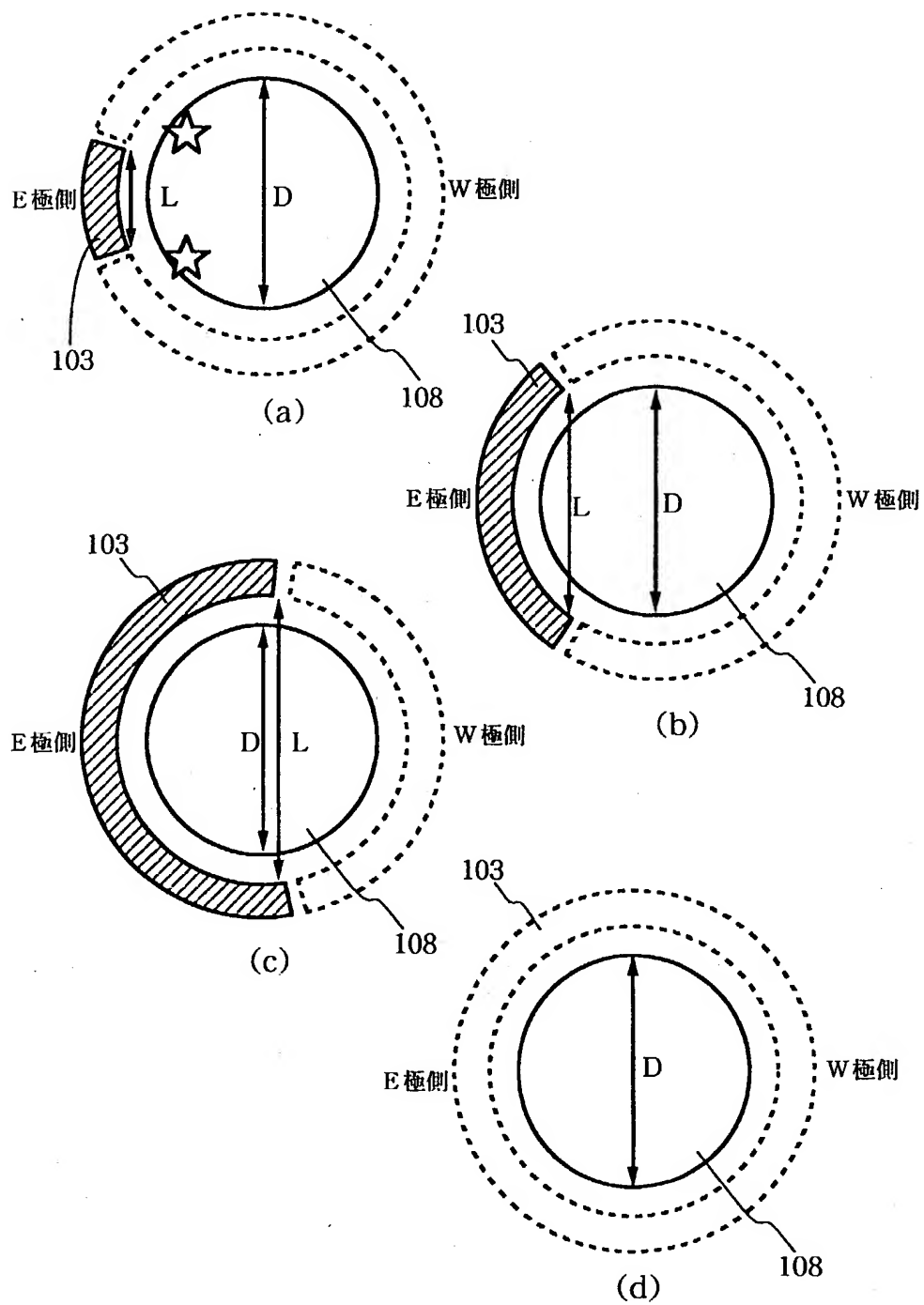


Fig. 30

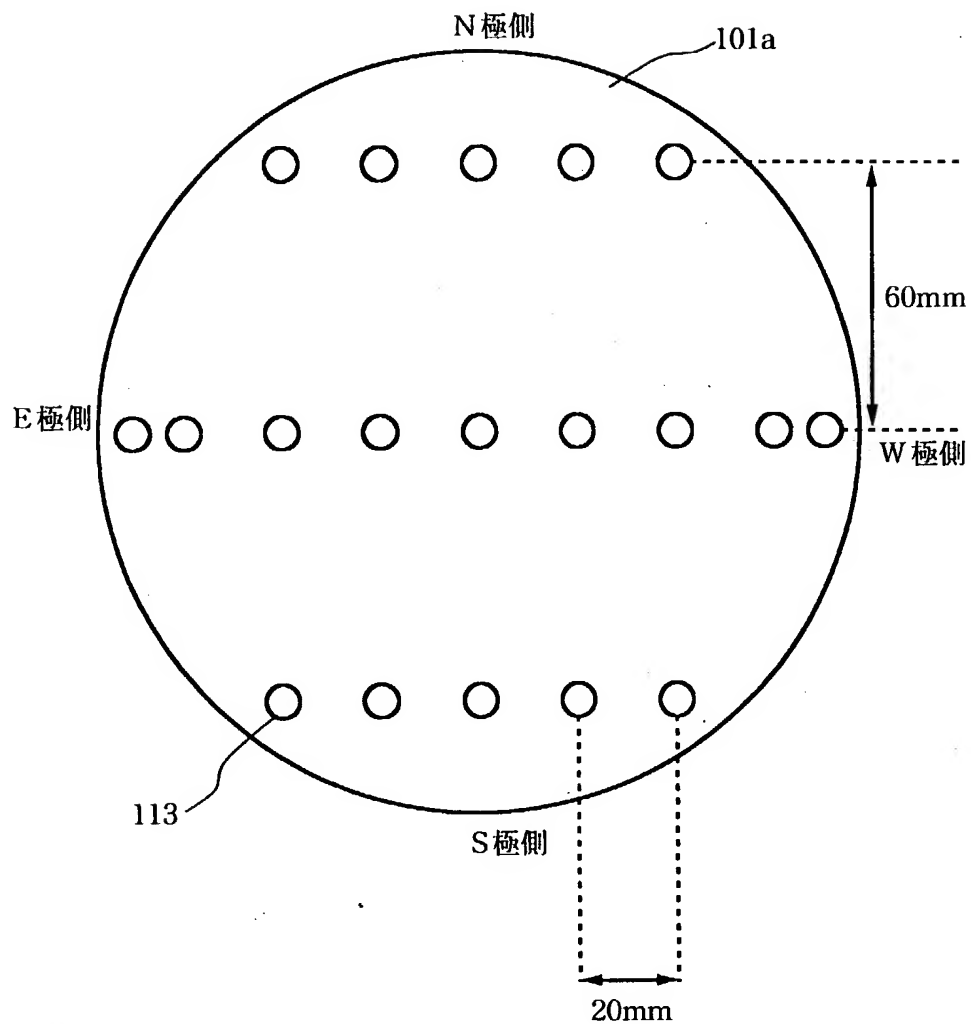


Fig. 31 (a) 28/34

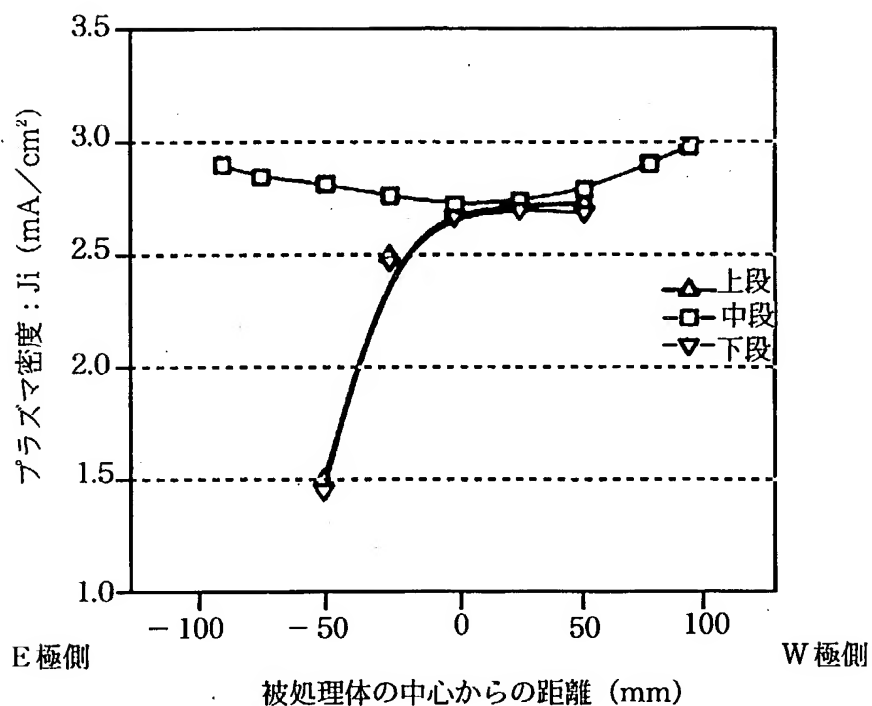


Fig. 31 (b)

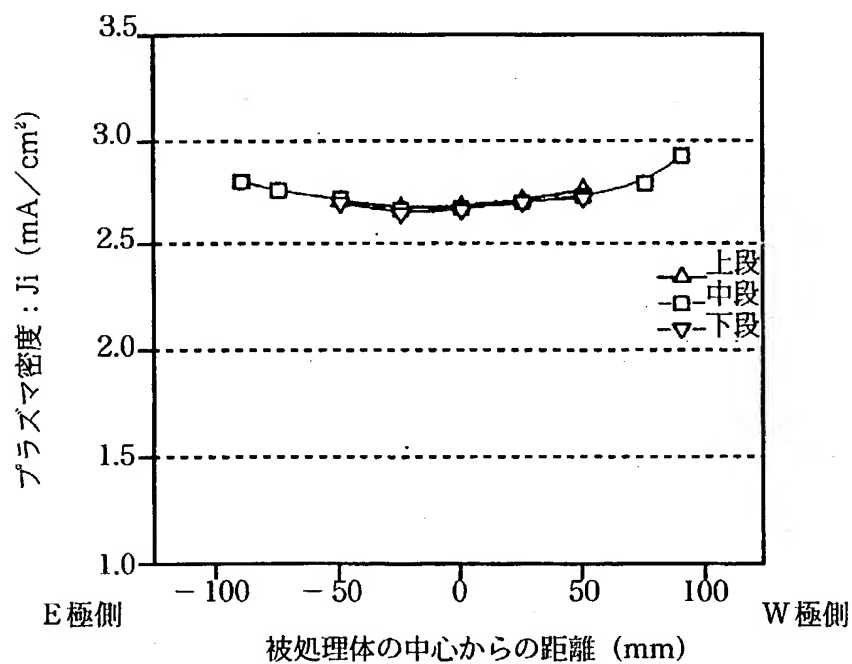


Fig. 31 (c)

29/34

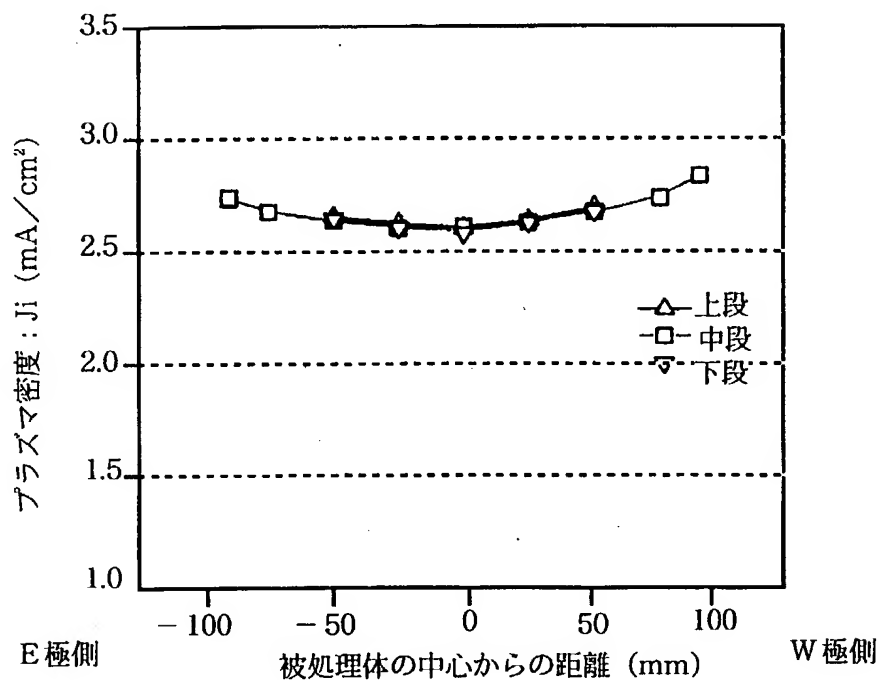


Fig. 31 (d)

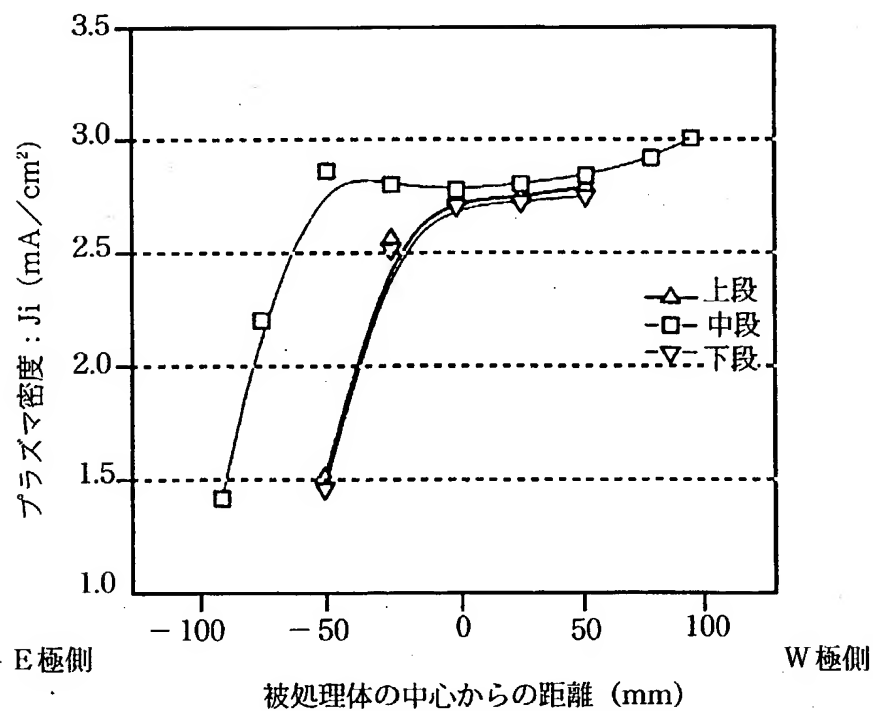


Fig. 32

30/34

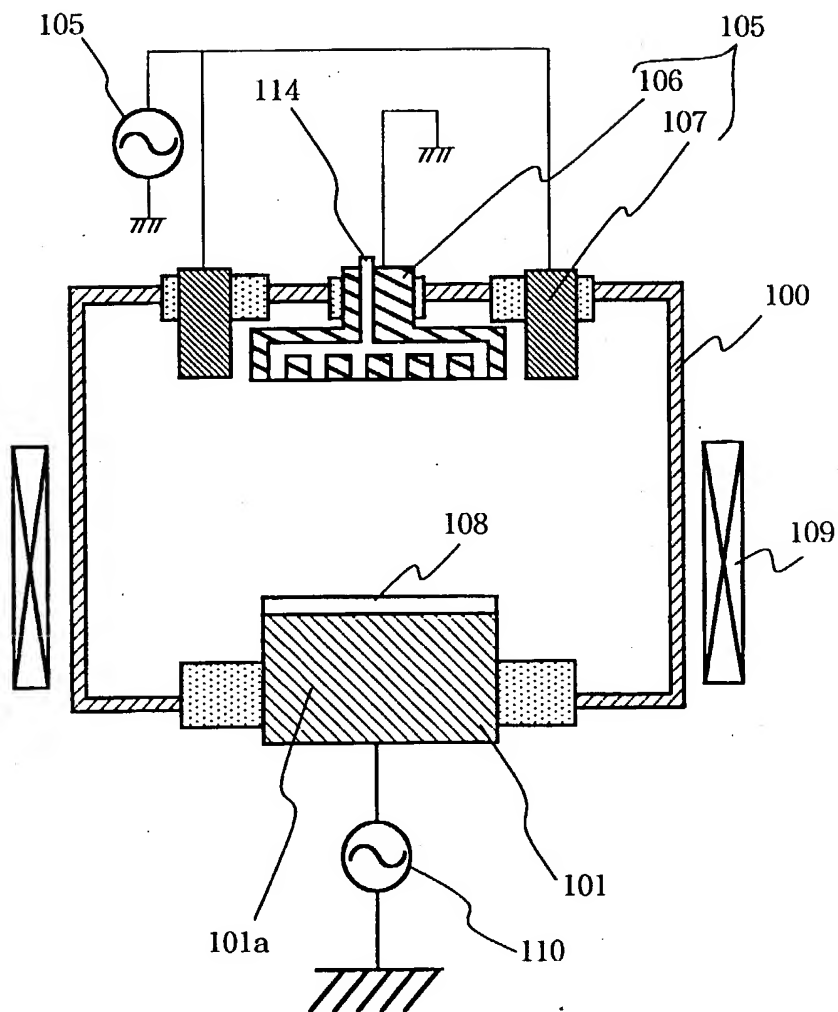
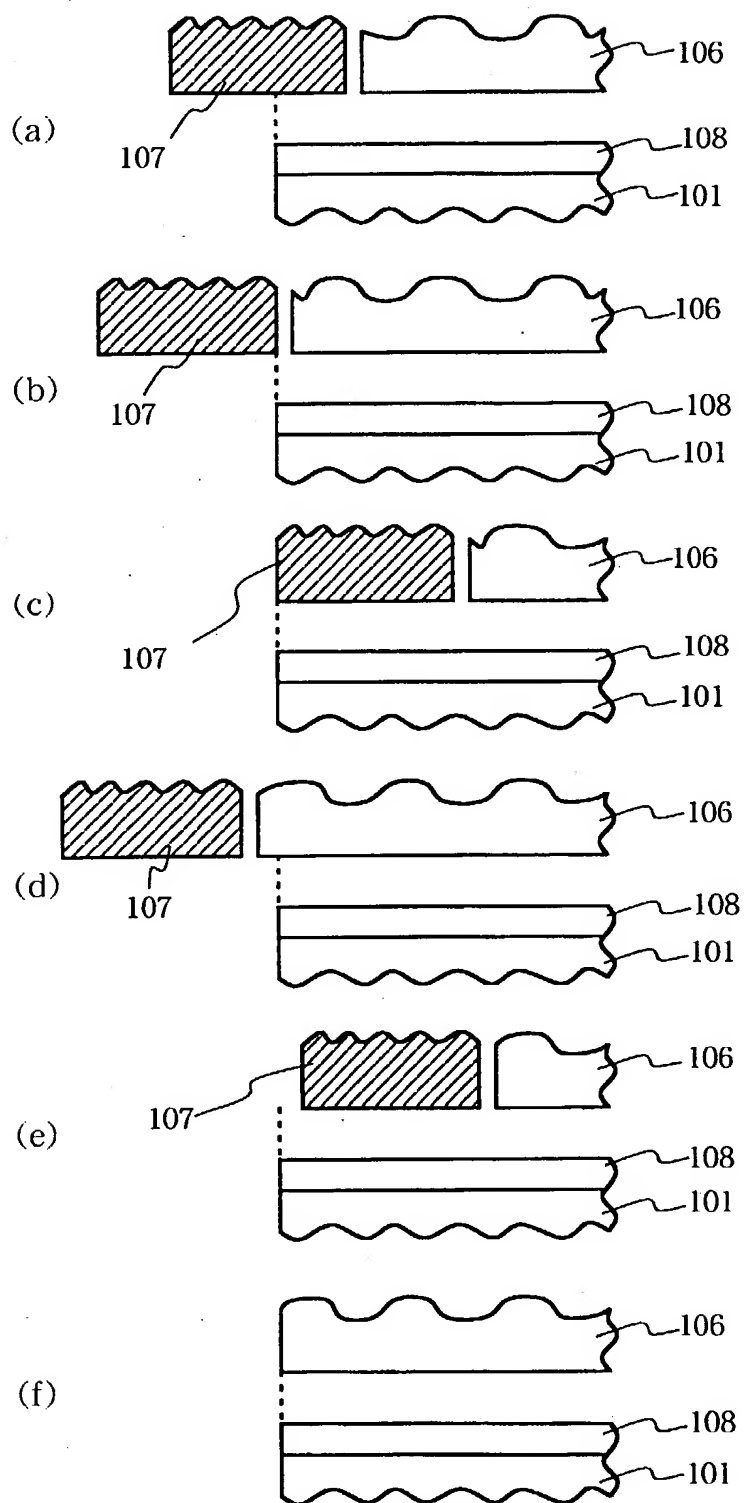


Fig. 33

31/34



F i g. 3 4

32/34

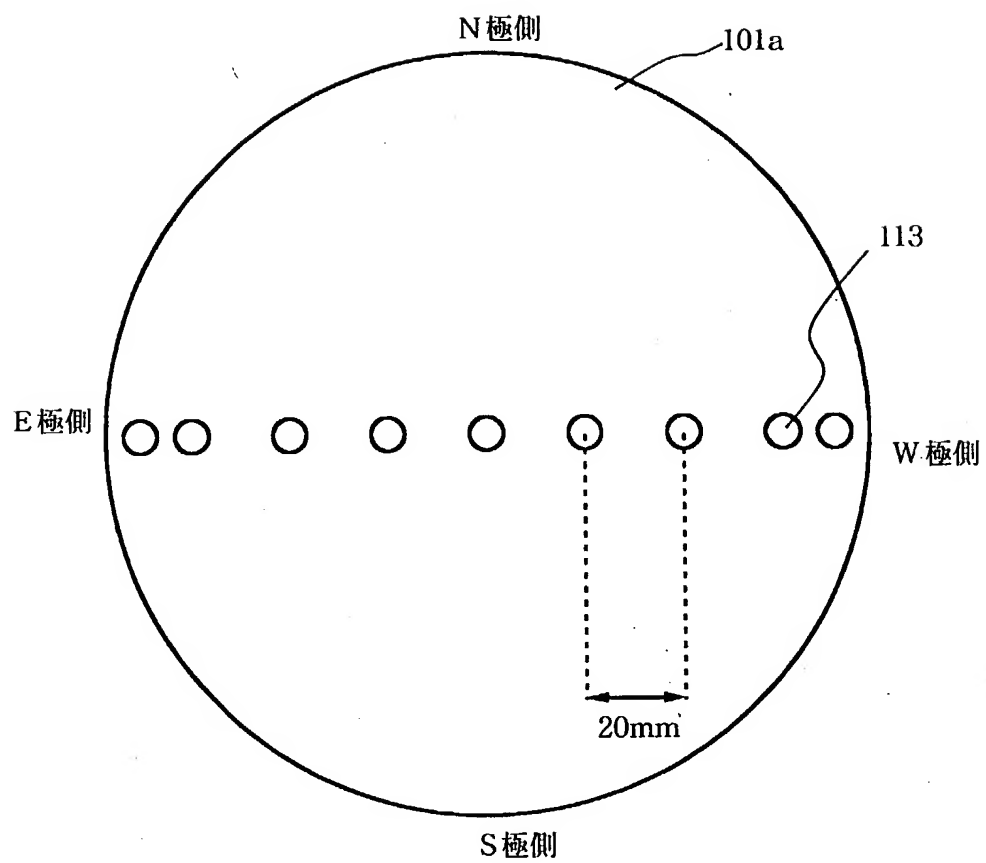


Fig. 35.

33/34

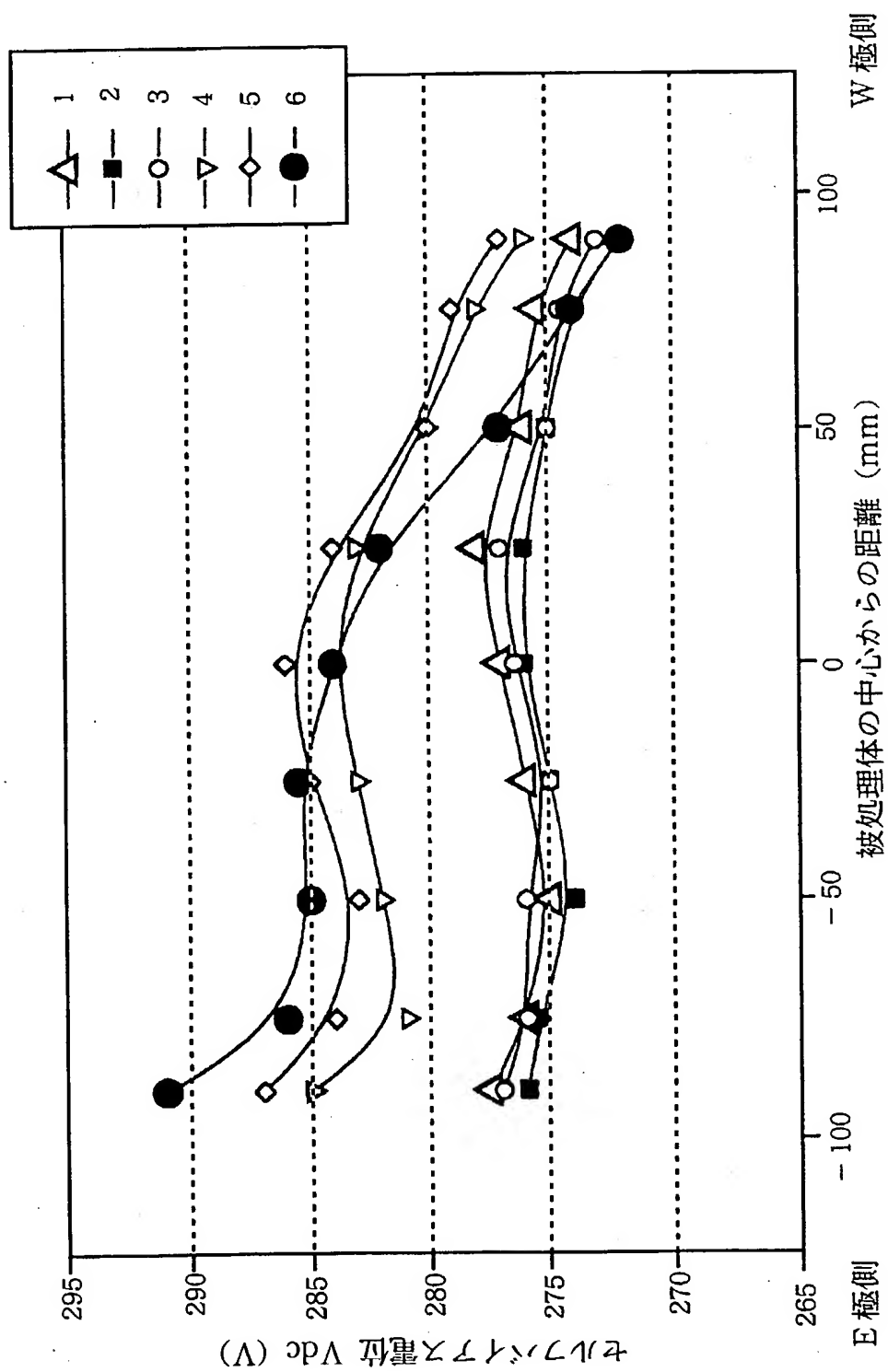
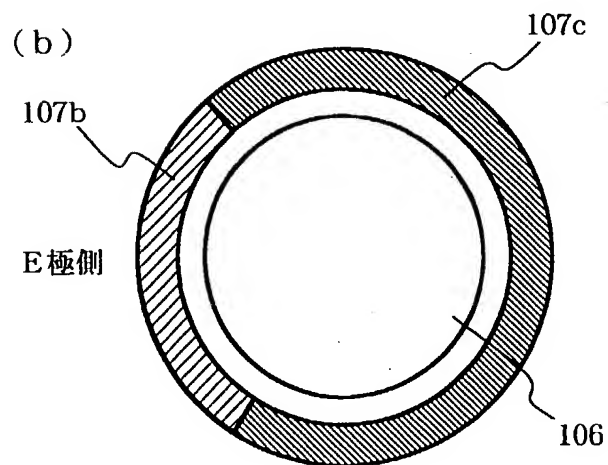
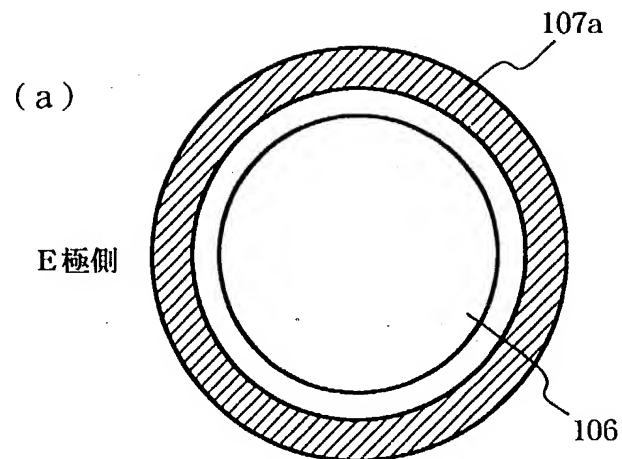


Fig. 36



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/00921

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁶ C23F4/00, H01L21/3065, H05H1/46

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁶ C23F4/00, H01L21/3065, H05H1/46

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1998
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1998 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1998

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 4-324631, A (Toshiba Corp.), November 13, 1992 (13. 11. 92), Claim 1 ; Figs. 1, 5 (Family: none)	1-26
PA	JP, 9-186141, A (Tokyo Electron Ltd.), July 15, 1997 (15. 07. 97), Claim 1 ; Fig. 1 (Family: none)	2-26
A	JP, 5-29270, A (Tokyo Electron Ltd.), February 5, 1993 (05. 02. 93), Claims & US, 5411624, A	1, 3-26

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
June 12, 1998 (12. 06. 98)

Date of mailing of the international search report
June 23, 1998 (23. 06. 98)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl 6 C 23 F 4/00, H 01 L 21/3065, H 05 H 1/46		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl 6 C 23 F 4/00, H 01 L 21/3065, H 05 H 1/46		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1926-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-1998年 日本国登録実用新案公報 1994-1998年 日本国実用新案登録公報 1996-1998年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P, 4-324631, A (株式会社東芝), 13. 11月. 1992 (13. 11. 92), 特許請求の範囲の請求項1, 図1, 図5 (ファミリーなし)	1-26
PA	J P, 9-186141, A (東京エレクトロン株式会社), 15. 7月. 1997 (15. 07. 97), 特許請求の範囲の請求項1, 図1 (ファミリーなし)	2-26
A	J P, 5-29270, A (東京エレクトロン株式会社), 5. 2月. 1993 (05. 02. 93), 特許請求の範囲 & US, 5411624, A	1, 3-26
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
12. 06. 98	23. 06. 98	
国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官 (権限のある職員)	4 K 8 0 1 9
日本国特許庁 (ISA/J P)	北村 明弘	
郵便番号100-8915	電話番号 03-3581-1101	内線 3435
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		